

MASSAGEWIRKUNGEN
AUF DEN MUSKELTONUS
- MESSUNG
MIT HILFE VON INTEGRIERTER
OBERFLÄCHENELEKTROMYOGRAPHIE

Edith W. Blümel

Disbui. München
1988





Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554816_0008

Aus der Klinik für Physikalische Medizin, Klinikum Großhadern,
der Universität München
Vorstand: Prof. Dr.med. E. Senn

MASSAGEWIRKUNGEN AUF DEN MUSKELTONUS -
MESSUNG MIT HILFE VON INTEGRIERTER
OBERFLÄCHENELEKTROMYOGRAPHIE

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Edith W. Blümel
aus
Geisenfeld
Jahr
1 9 8 8

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. E. Senn

.....

Mitberichterstatter: Prof. Dr. D. Schmidt

.....

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter:

.....

Dekan: Prof. Dr. med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 17.03.88

Diese Arbeit möchte ich allen meinen
Helferinnen und Helfern widmen

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	1
1.1. Literaturübersicht	1
1.2. Fragestellung und Zielsetzung	4
2. Versuchsmethodik	8
2.1. Der Meßplatz	8
2.2. Probanden	10
2.3. Versuchsrahmenbedingungen	11
2.4. Angewandte Massagetechniken	13
2.4.1. Streichungen	14
2.4.2. Knetungen	14
2.4.3. Zirkelungen	15
2.5. Elektrodenanlage	15
2.6. Zeitlicher Ablauf	17
3. Versuchsergebnisse	19
3.1. Darstellung und Zusammenfassung der Einzelergebnisse	19
3.1.1. Variabilität der Ruhetonuswerte	19
3.1.2. Variabilität der Muskeltonuswerte nach den drei verschiedenen Massagegriffen im Therapiegebiet	21
3.1.3. Typisierung nach dem Aktivitätsmuster in der lokalen Ableitung	23
3.1.4. Muskeltonusänderungen und Aktivitätstypen in den verschiedenen Arealen der Rücken- muskulatur	25
3.1.5. Vergleich bei fünf Probanden	27
3.2. Statistische Auswertung	28
3.2.1. Korrelation der Ruhetonuswerte und der Muskeltonuswerte nach den drei verschiedenen Massagegriffen - Beobachtung jeweils über einen bestimmten Zeitraum aus den sieben Meßphasen der 25 Versuche	29
3.2.1.1. Betrachtung in allen sechs EMG-Ableitungen ..	29
3.2.1.2. Gegenüberstellung der lokalen Ableitung und der Kontrollableitungen	30

INHALTSVERZEICHNIS

3.2.2. Muskeltonusverhältnisse im Therapiebereich zu bestimmten Zeitpunkten vor und nach den jeweiligen Massagegriffen	31
3.2.3. Ergebnisse aus der Druckapplikation	33
4. Diskussion	34
4.1. Beziehung der Ruhetonuswerte in den sechs EMG-Ableitungen und in den vier Meßphasen bei intra- und interindividueller Betrachtung in den 25 Versuchen	34
4.2. Massagewirkungen auf den Muskeltonus nach den drei verschiedenen Handgriffen in Korrelation zu den Ruhetonuswerten - Betrachtung im Therapiegebiet bei zwanzig Probanden	36
4.3. Muskeltonusänderungen in den verschiedenen Arealen der Rückenmuskulatur im Hinblick auf deren Intensität und deren zeitlichen Verlauf in 20 Versuchen	41
4.4. Überprüfung der Versuchsreproduktion bei fünf Probanden	43
4.5. Muskeltonusänderungen unter Druckapplikation	45
4.6. Abschließende Betrachtung	46
5. Zusammenfassung	49
6. Anhang: Abbildungen und Tabellen	52
7. Literaturverzeichnis	72

1. EINLEITUNG

1.1. Literaturübersicht

Die Elektromyographie ist heute eine zuverlässige Methode, um die Funktion des peripheren motorischen Neurons und des Muskels zu untersuchen. Die Ableitung der Aktionspotentiale kann mit Hilfe von Nadel- oder Oberflächenelektroden erfolgen. Während das Nadel-EMG lediglich eine Aussage über die Aktivität eines eng umschriebenen Muskelareals erlaubt, kann mit der Oberflächen-elektromyographie der Tonus größerer Bezirke eines Muskels oder der Tonus mehrerer Muskeln gemessen werden (4,20).

Das Nadel-EMG dient hauptsächlich der neurologischen Diagnostik von Nerven- und Muskelerkrankungen. Einige Indikationen sind: Differenzierung von neurogener und myogener Muskelatrophie, Differentialdiagnose verschiedener Myopathien, Unterscheidung zwischen neurogener Parese, Inaktivitätsatrophie und psychogener Lähmung, Beurteilung des Innervationszustandes nach peripherer Nervenschädigung (24).

Die Elektromyographie mit Oberflächenelektroden findet in der Physiologie, z.B. Durchführung von Bewegungsanalysen, und in der Innereren Medizin Anwendung, hier zum Studium der Muskelaktivitäten bei Mineralstoffwechselstörungen oder Schilddrüsenerkrankungen. In der physikalischen Therapie werden mit dem Oberflächen-EMG krankhaft verspannte Muskelgebiete lokalisiert und untersucht. Die Elektromyographie spielt auch in der psychosomatischen Medizin und der Psychologie eine Rolle. So haben verschiedene Autoren (6, 8, 10) aufgrund von Untersuchungen, in denen sie Oberflächenelektroden an Arm- und Beinmuskulatur sowie an verschiedenen Stellen der Kopfmuskulatur anlegten, gezeigt, daß emotional-affektive Reaktionen den Muskeltonus erhöhen.

Eine wichtige Voraussetzung für elektromyographische Messungen ist die Kenntnis der Muskelaktivitäten unter Ruhebedingungen. HOEFER und PUTNAM (18) stellten fest, daß die Aktivität eines gesunden Extremitätenmuskels durch geeignete Lagerung in Ruhe auf Null gesenkt werden kann. Dagegen wies GÖPFERT (16) mit einer neuen Apparatur noch eine "Restaktivität" auch unter Ruhebedingungen nach. Bei einem Vergleich der EMGs von gesunden und erkrankten Personen beobachtete er bei den sog. Nervösen und den Vegetativ-Labilen, sowie bei Patienten mit Hyperthyreose deutlich höhere und dichtere Aktionspotentiale.

Das Interferenzmuster des Oberflächen-EMG kann hinsichtlich Frequenz und Amplitude analysiert werden. Eine exakte quantitative Bestimmung des Muskeltonus ermöglichte ab 1955 ein sog. Elektromyointegrator - entwickelt von V. EIFF und MAYER-EPPLER (9) -, der die Muskelaktionsströme, die ihm über verschiedene Kanäle gleichzeitig zugeführt werden können, elektronisch integriert. Bei diesem Gerät entspricht das Myointegral der Gesamtheit der über eine Minute gemessenen Aktionsströme. Die klinische Anwendung dieses Gerätes zeigte bei vegetativen Dystonien und endogenen Psychosen eine Erhöhung der Integratorwerte (10). Von EIFF et al. (19) untersuchten den integralen Muskeltonus bei gesunden Personen unter Ruhebedingungen und unter bestimmten "Streßsituationen" (z.B. Stellen einer Rechenaufgabe), in denen der Muskeltonus in der Regel anstieg. Dabei benutzten sie sechs Standardableitungen von vier Extremitäten.

Elektromyographische Beobachtungen am m. erector trunci führten BRÜGGER und LEHNER (3) durch, um "statische und dynamische Funktionen von Muskeln" zu untersuchen. Es hat sich gezeigt, daß durch Schmerz auftretende "reflektorische" Verspannungen kontrolliert werden können und - bei Wegfall der Störungen - die nachher wieder eintretenden physiologischen Verhältnisse gut zu ersehen sind.

DE VRIES (28) machte quantitative elektromyographische Beobachtungen (Ableitungen: Flexorengruppe der Arme) beim Auftreten von Muskelschmerzen nach einem strengen Muskeltraining, wobei sich eine vermehrte Muskelaktivität zeigte. Wurde dieser experimentell induzierte Schmerz durch eine Dehnung ("static stretching") aufgrund einer maximalen Streckposition der Arme, die durch eine Hyperextension in den Schultern erreicht wurde, erleichtert, so war für gewöhnlich eine Abnahme der Muskelaktivität nachweisbar.

MATHESON et al. (23) führten EMG-Messungen (Ableitung: musculus frontalis) vor und nach einer niederfrequenten Vibrationsmassage durch und konnten nach der Behandlung in der Regel eine Verminderung des Muskeltonus, also einen relaxierenden Massageeffekt, feststellen.

In den oben angeführten Versuchen mit der Oberflächen-Elektromyographie wurden als Ableitungsstellen fast ausschließlich Muskelpartien der Extremitäten oder des Kopfes gewählt. Doch gerade bei Fragestellungen in der physikalischen Therapie sind in besonderem Maße EMG-Messungen der Rückenmuskulatur von Interesse. Allerdings ist hier immer mit dem Einbruch von Störimpulsen von Seiten der Herzaktion zu rechnen, welche den Myointegralwert wesentlich verfälschen.

Das Problem der Herzaktionspotentiale als Störgröße berücksichtigte z.B. ERTSEY (13) bei seinen Ruhetonusmessungen, da er als Ableitungsstellen auch den m. trapezius und den m. erector trunci verwendete. Die Berechnung der Ruhetonuswerte erfolgte durch Subtraktion der Integralwerte vom insgesamt ermittelten Myointegralwert, wobei die Meßzahlen der am Sichtschirm abgelesenen EKG-Amplitude entsprachen.

Ein genaueres Verfahren zur Beseitigung des EKG-Signals benutzte BÖRNER (2). Mit Hilfe eines neu entwickelten Gerätes wurde für die Dauer der elektrischen Herzaktion die Integration der Muskelpotentiale automatisch unterbrochen, so daß sich die vorher gewählte Integrationszeit nur aus den Intervallen zusammensetzte,

während derer die Sperre durchgängig war. BÖRNER hat diese Methode bei Ruhetonusmessungen an der Rumpfmuskulatur angewandt: ohne EKG-Ausblendung zeigten sich deutlich höhere Werte im EMG-Integral als mit eingeschalteter EKG-Sperre. Weiterhin untersuchte er den Einfluß der EKG-Störpotentiale auf den Integratorwert bei verschiedenen Elektrodenabständen und stellte fest, daß bei einer exakten EKG-Ausblendung auch mit Vergrößerung des Elektrodenabstandes der integrale Muskeltonus konstant bleibt.

Mit Hilfe des oben erwähnten Verfahrens der EKG-Ausblendung, das technisch noch etwas präzisiert wurde, führten LIEBERMEISTER und GALL (21) Muskeltonusmessungen mit Hilfe integrierter Oberflächenmyographie vor und unmittelbar nach bestimmten Massagegriffen durch. Es ergaben sich wenige Minuten nach Beendigung der Massage - Anwendung von Streichungen und Klopfungen - deutlich erhöhte Muskeltonuswerte im Massageareal (BWK 9-10 paravertebral links). Etwas weniger ausgeprägt fand sich auch in den angrenzenden Kontrollbereichen (BWK 3-5 links, BWK 9-10 rechts paravertebral) eine Muskeltonusvermehrung.

1.2. Fragestellung und Zielsetzung

Im Zusammenhang mit der Verordnung und Durchführung von Massagen stellt sich die Frage, ob sich diese auf eine objektiv nachweisbare Wirksamkeit stützen können. Objektiv nachweisbare Behandlungserfolge können auch Diskussionsgrundlage für politische Auseinandersetzungen sein. So hätten z.B. die Restriktionen aufgrund des sog. Kostendämpfungsgesetzes für die Indikation von Massagen vermieden werden können.

Die Untersuchungen, die die Grundlage dieser Arbeit bildeten, sollten speziell dazu dienen, eventuelle Muskeltonusänderungen nach einer durchgeführten Massage über der Rumpfmuskulatur nachzuweisen. In den Versuchen wurden dabei in der Praxis häufig verwendete, nahezu reproduzierbare Handgriffe aus der Heil- bzw. klassischen Massage angewandt.

"Die Heilmassage ist eine Reiztherapie, bei der mit der Hand adäquate Massagegriffe befundgerecht in allen Geweben der Körperdecke zu Heilzwecken ausgeführt werden." (HAMANN, 17, S. 110) Die Massage (zu französisch masser "kneten") wurde bereits in der Antike zur Schmerzlinderung und zur Beruhigung von den Heilkundigen ausgeführt und von "Hand zu Hand" weitergegeben. Im Jahre 1875 publizierte Mosengeil erstmalig die Handgriffe von Mezger (Amsterdam): Streichungen (Effleurage), Reibung (Friktion), Knetung (Petrissage) und Klopfung (Tapotement). Diese Griffe bilden in abgewandelter Form noch heute das Grundgerüst für die "klassische" Massage (17). Zunehmend beschäftigten sich auch Ärzte mit der Massage; sie fand Eingang in Kliniken und Praxen und gehört heute zu den anerkannten, tagtäglich verordneten und nicht mehr wegzudenkenden Maßnahmen der physikalischen Therapie.

In zahlreichen empirischen Abhandlungen werden die einzelnen Techniken der klassischen Massage beschrieben und Hypothesen über Massagewirkungen aufgestellt. HAMANN (17) unterscheidet im wesentlichen folgende Massagegriffe: Streichungen, Knetungen und Zirkelungen (Synonym: Friktionen). Ferner werden spezielle Fasziendehngriffe, Vibrationen, sowie vibrierende Klopfungen erwähnt (Beschreibung der drei Hauptgriffe in Punkt 2.4.). Die Autoren (17, 22) vertreten übereinstimmend die Meinung, daß die Massage keine ausschließliche örtlich-mechanische auf die Muskulatur bezogene Wirkung erzielt, sondern immer den gesamten Organismus beeinflußt. Für den Bereich der Muskulatur werden folgende Wirkungen im einzelnen angenommen: Fördern oder Anregen der Blut- und Lymphzirkulation, Auslösung reflektorischer Mechanismen (Histaminfreisetzung), Beeinflussung der Muskelspannung. Bezüglich der Massagewirkung auf die Muskelspannung spricht LÜDKE (22) von "Normotonisierung" der Skelettmuskulatur; danach führt die Massage hypotoner Muskeln zum Anstieg des Tonus, die Massage hypertoner Muskeln dagegen zur Tonussenkung. Eine Herabsetzung der Muskelspannung durch die Massage kann "schlagartig" erfolgen, meist sind mehrere Behandlungen notwendig. Die hypotone Muskulatur verbessert ihren Tonus langsam ansteigend; ein gesunder Muskel wird nicht beeinflusst (17, 22).

An dieser Stelle seien die in dieser Arbeit immer wieder verwendeten "Tonusbegriffe" kurz erläutert. Als "Muskeltonus" wird die durch Nerveneinfluß bedingte normale Grundspannung eines Muskels bezeichnet (29). Es werden zwei nervös kontrollierte Formen der Muskelaktivität unterschieden, die unwillkürliche Haltetätigkeit und die willkürliche Bewegung. Wie bereits erwähnt, ist gerade an der Rumpfmuskulatur, welche eine ständige Halte- und Fixationsfunktion erfüllt, eine völlige Entspannung nicht möglich und somit immer eine "Restaktivität" ("Ruheaktivität", "Ruhetonus") vorhanden (16). Ist diese Aktivität gesteigert, so können entweder "Muskelverspannungen" (Muskelhartspann", "hypertones Muskelgewebe") oder auch "reflektorische" Muskelanspannungen vorliegen (17, 20, 25, 26, 27).

Die Aussagen über die Massagewirkungen beruhen zum großen Teil auf Erfahrungen, die durch subjektive Eindrücke der Therapeuten und Ärzte gewonnen wurden und sind noch hypothetisch. Deshalb ist es erstrebenswert, objektive Meßmethoden zu finden, mit deren Hilfe die Wirksamkeit der Massage auf den Muskeltonus nachgewiesen werden kann. Damit wären Therapieerfolge kontrollier- und vergleichbar.

Erkrankungen des Bewegungsapparates mit den dazugehörigen pathologischen Spannungsverhältnissen der Skelettmuskulatur bilden den Indikationsbereich der klassischen Massage. Muskelverspannungen treten vorwiegend an der Rumpfmuskulatur auf, deshalb ist diese Körperregion ihr wichtigstes Anwendungsgebiet. Ziel dieser Arbeit soll sein, die Massagewirkungen auf die Grundspannung der Rückenmuskulatur von "gesunden" und auch "kranken" Versuchspersonen zu untersuchen.

Zur Überprüfung der Massagewirkungen auf den Muskeltonus scheint die integrierte Oberflächenelektromyographie geeignet. Sie wird schon seit über dreißig Jahren bei Problemen auf dem Gebiet der physikalischen Therapie eingesetzt. Die Ableitung von Muskelaktionspotentialen mit Oberflächen Elektroden ist sinnvoll, da der Tonus größerer Muskelgebiete gemessen werden soll und auch der Gesamttonus der Rumpfmuskulatur von Interesse ist. Außerdem

erweist sich der Verwendung von Hautelektroden als vorteilhaft, da sie einfach zu handhaben sind und keine Belästigung für die Versuchspersonen darstellen (1). Ein Nachteil ist hier allerdings, daß nur oberflächlich liegende Muskelanteile erfaßt werden.

Das Interferenzmuster des Oberflächenelektromyogramms erlaubt anhand der Amplituden und Frequenz eine qualitative Beurteilung. Um den auftretenden Muskeltonus quantitativ genau bestimmen und somit die Versuchsergebnisse von verschiedenen Personen vergleichen oder statistisch bearbeiten zu können, erfolgt die Integration des gleichgerichteten Interferenzmusters. Das Flächenintegral des gleichgerichteten EMG wird als ein lineares Maß für die Muskelaktivität über einen bestimmten Zeitabschnitt genommen.

Bei Muskeltonusmessungen im Bereich der Rumpfmuskulatur ergibt sich eine besondere Schwierigkeit, da hier immer die Herzaktionspotentiale mitregistriert werden, die für die Integration eine wesentliche Störgröße darstellen. Zur Beseitigung des EKG-Signals sind grundsätzlich zwei Methoden möglich:

- a) Anbringen eines steilen Hochpaß-Filters, das alle Frequenzen unter circa 60 Hz wegfiltert (14).
- b) Unterbrechen des Signalflusses zum Integrator während des QRS-Komplexes (2), Version des sog. Ausblendens (7). Dieses Verfahren der EKG-Ausblendung wurde modifiziert, in Vorversuchen verwendet und erprobt (21) und für die Untersuchungen innerhalb dieser Arbeit übernommen. Hier fanden mit Hilfe der Oberflächenelektromyographie mit Integration Muskeltonusmessungen "vor und nach" einer bestimmten Massageart statt.

2. VERSUCHSMETHODIK

2.1. Meßplatz

Die technischen Apparaturen aus den Vorversuchen wurden übernommen (21). Sie sind folgendermaßen zu beschreiben: "Unser Meßplatz für die Aufzeichnung und die Auswertung der Elektromyogramme ist schematisch Abb. 1 dargestellt. Über eine 8-Kanal-Telemetrieinheit können gleichzeitig die Myogramme von sechs verschiedenen Muskeln sowie zwei weitere Signale z.B. eine EKG-Ableitung, übertragen und für die gezielte Auswertung bestimmter Abschnitte zunächst auf einem PCM-Band gespeichert werden. Die Aufzeichnung wird am Sichtgerät kontrolliert und auf einem 6-Kanal-Schreiber dokumentiert. Die Auswerteeinheit besteht aus je einem Einschub für die EKG-Ausblendung, Signalverarbeitung und Ablaufsteuerung." (LIEBERMEISTER, GALL, 21, S. 532)

Das Arbeitsprinzip des hier benutzten Gerätes für die EKG-Ausblendung ist in Abb. 2 schematisch dargestellt und kann wie folgt erklärt werden: Die Flanke des QRS-Komplexes triggert eine elektronische Schaltung (ein sog. Monoflop), die nach einer einstellbaren Zeit (100 ms) den Signalfluß zum Integrator freigibt. Der Integrator summiert nun während der Zeit T_i die außen einstellbar ist, das Signal auf. Am Ende der Zeit T_i , möglichst kurz vor Auftreten des nächsten QRS-Komplexes, wird der Signalfluß wieder gesperrt und der Integratoreingang auf Null gesetzt. Die Ruhezeit T_r und die QRS-Zeit T_{QRS} ergeben eine Pausenzeit T_p , in der nicht integriert wird. Die Einstellung von T_i wird an die Herzfrequenz angepaßt und durch zwei Leuchtdioden, grün für T_i und rot für T_{QRS} , erleichtert. Die Triggerschwelle am QRS-Komplex läßt sich so einstellen, daß eine hohe Störsicherheit erreicht wird. Das Triggersignal wird aus einer separaten stabilen EKG-Ableitung unabhängig von den EMG-Kanälen gewonnen, um Fehltriggerungen infolge einzelner größerer Potentiale im EMG oder eines sporadischen Artefaktes zu vermeiden. Mangelhafte Einstellungen der Triggerung, z.B. eine zu lange Integrationszeit T_i , die bis in den nächsten QRS-Komplex reicht, werden akustisch angezeigt (15).

"Die quantitative Auswertung der Interferenzmuster erfolgt durch Bildung des Mittelwertes der gleichgerichteten Signale über einstellbare Zeitintervallé. Aus mathematischen Modellen für das EMG-Signal schließt man, daß dieser Mittelwert in relativ definierter Weise von der Zahl der aktivierten motorischen Einheiten und der Feuerungsrate abhängt (1). Es ist so ein Maß für die elektrische Aktivität unter der Ableitstelle. Diese mittlere Aktivität $A(t, \Delta t)$ der Signalquelle $E(t)$ im Zeitintervall $(t, t + \Delta t)$ wird durch den Ansatz

$$A(t, \Delta t) = \frac{1}{\Delta t} \int_t^{t+\Delta t} |E(t')| dt'$$

definiert und nach dieser Formel von der Auswertelektronik berechnet. Auf diese Weise wird jedem Zeitpunkt eine mittlere Aktivität zugeordnet. Bei gleichbleibendem Signal hängt A nicht von Δt ab. Die Integrationszeit kann beliebig eingestellt werden. Um den Aktivitätsverlauf von sich in der Zeit ändernden Signalen zu bestimmen, sollte Δt möglichst klein gewählt werden, so daß während eines Integrationszyklus noch relativ wenig Änderung eintritt." (21, S. 533)

Für die Versuche dieser Arbeit betrug die Integrationszeit 20 Sekunden. Die Integralwerte für die mittleren Muskelaktivitäten (A) werden nicht in definitiver Einheit, sondern in Skalenteilen angegeben.

LIEBERMEISTER und GALL haben durch ihre Versuche demonstriert, daß mit oben beschriebenen Meßvorrichtungen Muskeltonusmessungen vorgenommen werden können. Für diese Arbeit wurden nun - ausgehend von diesem Meßplatz - systematisch Versuche zur Überprüfung der Hypothese, daß die Massage Muskeltonusänderungen im Sinne einer "Normotonisierung" der Skelettmuskulatur bewirkt, durchgeführt.

2.2. Probanden

Die Auswahl der Versuchspersonen erfolgte vor allem im Hinblick auf zwei Gesichtspunkte: Die Probanden sollten sich gesund fühlen und eine geringe Unterhautfettschicht aufweisen. Denn eine krankhaft veränderte Muskulatur würde zu einer Erhöhung und eine große Unterhautfettschicht zu einer Verringerung der aufgezeichneten Muskelaktivität im EMG führen. Beide Faktoren könnten auf diese Weise das Meßergebnis beeinflussen und so eine eindeutige Differenzierung der Tonusverhältnisse erschweren.

Die Geschlechtsverteilung war mit zehn weiblichen und zehn männlichen Probanden ausgeglichen. Das Alter der Probanden lag zwischen 15 und 50 Jahren.

Zur Überprüfung der intraindividuellen Versuchsreproduktion fand bei fünf Probanden zu einem späteren Zeitpunkt eine Wiederholung des Versuchs statt.

Für jeden Probanden wurde ein Fragebogen angelegt. Er beinhaltete im Zusammenhang mit Angaben zum Gesundheitszustand (bestehende Krankheiten, Einnahme von Medikamenten, physische und psychische Verfassung) auch das Ergebnis aus dem subjektiven Tastbefund. Dieser ist Voraussetzung für eine wirkungsvolle Massage und war deshalb für jeden Probanden vor Beginn des Versuches obligatorisch. Die Technik der Tastung läßt sich folgendermaßen beschreiben: Mit zwei Fingern (in den Grundgliedern leicht gebeugter Zeige- und Mittelfinger) werden in einem kleinen Umkreis langsam tastende Bewegungen unter leichtem Zug und Druck aufgeführt, um die einzelnen Schichten der Haut und des subkutanen Gewebes zu untersuchen (17). Der Muskeltonus kann in gleicher Weise beurteilt werden; so zeichnet sich z.B. ein hypertones Muskelgewebe durch einen deutlichen Widerstand und vermehrte Festigkeit aus und tritt häufig in Verbindung mit Hyperalgesien auf. Klinisch wird jedoch eine enge Beziehung zwischen dem Berührungsschmerz bei palperten Muskeln und dem Muskeltonus vermißt.

Im Laufe der Versuchsreihe wurde noch eine zusätzliche Untersuchung eingeführt, mit welcher die subjektive Tastbefunderhebung objektiviert werden sollte.¹⁾ Während der Therapeut durch Abtasten der Muskulatur den Tonus subjektiv abschätzt, sollte mit einer Druckvorrichtung der "tastende Finger" des Therapeuten nachgeahmt und somit überprüft werden, inwieweit Tastbefund oder Druckapplikation und EMG übereinstimmen. Die Fragestellung für die Einführung dieser Methode war auch, ob durch die Druckbelastung bereits eine Beeinflussung des Muskeltonus gegeben ist, und, falls ja, welche Muskeltonusänderungen eintreten können. Die Druckapplikation wurde mit einem Stempel (Eigengewicht 1 kg), dessen Preßdruck durch Gewichte zu je 1,250 kg erhöht werden konnte, bei insgesamt zehn Probanden ausgeführt. An dieser Stelle sei noch bemerkt, daß bei der Durchführung des Tastbefundes keine ausschließliche Druckkomponente wirksam wird, sondern ebenso Zug- und Dehnreize ausgeübt werden. Außerdem tastet man sich mit variablem Druck sozusagen einschleichend in die Muskulatur vor, wobei die Finger- und Handstellung immer der jeweiligen Bewegung angepaßt ist. Der Stempel verweilt konstant im "unnatürlichen" 90°-Winkel. Deshalb, und auch wegen des Hautkontakts ist die Berührung sicherlich angenehmer als der Druck eines Metallstückes.

Bevor Muskeltonusmessungen bei Patienten mit einem definierten Krankheitsbild durchgeführt werden, sollten Untersuchungen mit gesunden Personen stattfinden. Die hier ausgewählten Probanden fühlten sich gesund, auch wenn bei einigen der erhobene Tastbefund positiv war und wurden deshalb als für die Versuche geeignet angesehen.

2.3. Versuchs-Rahmenbedingungen

Bestimmte äußere Faktoren könnten die Muskeltonusmessungen empfindlich stören. Deshalb wurde auf folgendes geachtet: Ruhe im Untersuchungsraum, angenehme Umgebungstemperatur und eine optimale adäquate Lagerung.

1) Vorschlag von Prof. Dr.med. H. Drexel

In der Regel war für Ruhe im Versuchsraum gesorgt. Gleichbleibende, angenehme Raumtemperatur konnte durch eine Klimaanlage geregelt werden, die auf 24°C eingestellt war und bei Bedarf - bei sehr kälteempfindlichen Probanden - auch höher eingestellt wurde.

Eine optimale Lagerung ist Voraussetzung für eine wirkungsvolle Massage und war auch in Anbetracht der langen Versuchsdauer (ca. 100 Minuten) besonders wichtig. Eine Rückenmassage kann sowohl an liegenden als auch an sitzenden Personen durchgeführt werden. In früheren Arbeiten (2, 13) nahm man die Bauchlage als die beste Position für die Entspannung der Rückenmuskulatur an.

In einem gesonderten Versuch wurde über EMG-Sichtschirmgerät kontrolliert oder auf dem Schreiber dokumentiert, in welcher Lagerung die gerade noch nachweisbare Restaktivität über der Rückenmuskulatur am niedrigsten ist. Es fanden Muskeltonusmessungen in den verschiedensten Körperhaltungen statt. Sowohl im Sitzen (leicht nach vorne gebeugter Oberkörper, Arme nicht abgestützt) als auch im Liegen bei bestimmten Positionen der Arme oder des Kopfes (z.B. elevierte, im Ellenbogengelenk gebeugte Arme, seitwärts gedrehter Kopf) zeigte sich eine gesteigerte Aktivität in den EMG-Ableitungen für die entsprechenden Muskelareale.

Die bestmögliche Entspannung der Rückenmuskulatur, also die niedrigste nachweisbare Ruheaktivität, war schließlich mit folgender Lagerung gewährleistet: Der Proband befindet sich in Bauchlage, die Arme sind - mit den Händen nach unten - im Ellenbogengelenk leicht gebeugt - am Körper locker angelegt. Der Kopf ist gerade abgestützt und das Gesicht liegt frei (sog. Nasenschlitz, ovale Öffnung im Kopfteil der Liege). Um Druckstellen zu vermeiden, sind Stirn, Wangen und Kinn auf einem Schaumstoffring gebettet. Unter die Sprunggelenke wird eine Knierolle geschoben.

An dieser Stelle sei erwähnt, daß einigen Probanden trotz anfänglicher Behaglichkeit die Bauchlage mit der Zeit unangenehm wurde. Dieser Umstand war zum Teil auf die doch sehr lange Versuchsdauer zurückzuführen, zum Teil auf persönliche Unpäßlichkeiten der Probanden.

Interessanterweise sind sehr viele Probanden im Laufe des Versuchs eingeschlafen, oder sie waren nach Abschluß des Versuches - unabhängig von der Tageszeit - sehr müde. Diese Tatsache ist sicherlich bedingt durch die Ruhe, Temperatur und die entspannte Lagerung, könnte aber auch auf den Sedationseffekt der Massage hinweisen.

2.4. Angewandte Massagetechniken

Vor der Betrachtung spezieller Handgriffe sollen kurz allgemeine Grundsätze zur richtigen, nämlich wirkungsvollen Ausführung der Heilmassage angesprochen werden. Nach einer subjektiven Befunderhebung des Muskeltonus beginnt der Therapeut schichtweise von der Oberfläche in die Tiefe, in der Regel von kaudal nach kranial zu arbeiten. Dabei wechseln sich kleinflächige, gezielte und große ausgleichende Massagegriffe ab oder werden auch miteinander kombiniert. Während der ganzen Massage besteht immer Hautkontakt, d.h. die einzelnen Griffe gehen fließend ineinander über. Es werden die im funktionellen Zusammenhang stehenden Gebiete (z.B. ganze Muskelketten oder Synergisten-Antagonisten) massiert; ein umschriebenes Gebiet wird nur kurze Zeit mit demselben Griff behandelt. Die Atmung des Patienten ist zu beachten und in die Behandlung miteinzubeziehen. Die Dosierung ist anfangs einschleichend und orientiert sich am individuellen Zustand (Tastbefund, Psyche) bzw. am Krankheitsbild (Beschwerden) des Patienten. Das Tempo, die Dauer und die Häufigkeit der Massage werden wiederum individuell angepaßt. Ein zu schnelles Tempo wirkt sich sowohl auf den Patienten (vegetative Lage) als auch auf den Therapeuten ungünstig aus (Tasteindruck geht verloren). Die Massagedauer liegt zwischen 10 und 20 Minuten bei Teilbehandlungen. Die Häufigkeit und der Rhythmus der Behandlung richten sich nach Indikation und Krankheitsstadium (17, 22).

2.4.1. Streichungen

Mit Streichungen wird jede Massage eingeleitet und beendet. Sie dienen als Ausgleich nach kleinflächig gezielt angewandten Massagegriffen. Sie werden großflächig, fließend, ruhig und langsam in Längsrichtung der Muskulatur mit einer Hand oder mit beiden Händen durchgeführt. Dabei liegt die Handfläche mit geschlossenen Fingern entweder gestreckt oder leicht gewölbt - je nach behandelter Körperkontur - auf der Haut und streicht mit gleichmäßigem, dem Probanden angemessenem Druck über den Körper. Mit Streichungen soll vorwiegend ein Dehnreiz auf Haut und Unterhautgewebe, in geringem Maße auch auf die Muskelränder mit den Faszien ausgeübt werden. Streichungen sollen vor allem einen beruhigenden Effekt auf den Muskeltonus ausüben, eine Tonusenkung bewirken (17, 22).

Aufgrund der Elektrodenanlage (s. Punkt 2.5.) wurden die Streichungen in den Versuchen nur mit je drei oder vier Fingern einer Hand und nur über einem kleinen, begrenzten Muskelabschnitt ausgeführt.

2.4.2. Knetungen

Mit Knetungen soll der gesamte Muskel "durchgearbeitet" werden. Knetungen können sowohl großflächig mit einer Hand oder beiden Händen als auch kleinflächig nur mit den Fingern vom Ursprung bis zum Ansatz des Muskels und umgekehrt durchgeführt werden. Bei der Zweihandknetung liegen die Handflächen wieder unmittelbar auf der Haut, wobei sich die Kuppen der geschlossenen Finger an den Muskelrändern befinden. "In der ersten Phase der Knetung drehen die Hände - beide im entgegengesetzten Sinn - die tief umfaßte Muskulatur langsam dehnend um ihre Längsachse, so daß eine spiralförmige Bewegung entsteht, etwa wie beim Vorgang des Wringens. In der zweiten Phase wird der gedrehte und gedehnte Muskel zur anderen Seite hin gedreht und gedehnt. Es wird nur der unbedingt erforderliche Druck angewandt, um das tiefe Abheben des Muskels und den Vorgang des Knetens zu erreichen. In jeder

Phase wird nur weich gearbeitet, so wird auch die Beteiligung von Daumen und Kleinfingerballen vermieden." (HAMANN, 17, S. 114) Die Technik der Handknetung trifft prinzipiell auch auf die Fingerknetung zu, die in den Versuchen angewandt wurde. Es wurde mit den ganzen ersten drei Fingern der beiden Hände gearbeitet, wobei der Muskel zwischen Daumen bzw. dem Zeige- und Mittelfinger eingeschlossen war. Knetungen sollen eine Tonisierung hypotoner oder eine Detonisierung hypertoner Muskeln bewirken (17, 22).

Wegen der Elektrodenanlage konnte nicht der gesamte Verlauf eines Muskels, sondern wiederum nur ein bestimmter Abschnitt geknetet werden.

2.4.3. Zirkelungen (Friktionen)

Die Zirkelung ist ein kleinflächiger Massagegriff, der mit zwei Fingerkuppen einer Hand ausgeführt wird. Die Fingerkuppen - beide Finger sind gestreckt - liegen in einemstellungswinkel von circa 45° (dosierungsabhängig) fest auf der Haut und führen unter "angemessenem" Zug und Druck aufeinanderfolgende, langsame, kreisende Bewegungen aus, die spiralig in die Tiefe fortgeleitet werden. Dabei kann die freie Hand auf der massierenden Hand liegen und diese unterstützen oder fixieren. Die ausführende Zirkelung wird der entsprechenden Form und Größe des Muskels und der dabei angewandte Druck der Art und Tiefe des Gewebes angepaßt. Nach mehreren Zirkelungen an einer Stelle gleiten die Fingerkuppen unter Hautkontakt etwas weiter und beginnen hier von vorne. In der Regel erfolgt die Zirkelung im Uhrzeigersinn (17, 22). Diese Massageart konnte in den Versuchen am besten, sozusagen "lege artis" durchgeführt werden. Auch die Zirkelungen sollen zu einer "Normotonisierung" (22) der Muskulatur führen.

2.5. Elektrodenanlage

Nachdem der Proband die optimale Lagerung eingenommen hatte, wurde die Hautoberfläche an den vorgesehenen Ableitungsstellen mit Spezialbenzin entfettet, anschließend die Punkte für die

Anlage mit einem Stift gekennzeichnet. Die verwendeten Silbernapfelektroden (Innendurchmesser 7 mm) waren mit Kleberingen versehen und mit Elektroden-Gel präpariert. Immer zwei Elektroden, deren Verbindung in einem gemeinsamen Anschlußkabel an den Telemetriesender endet, grenzen eine bestimmte Region ein, von der aus die Muskelaktionspotentiale abgeleitet wurden.

Für die Wahl der Elektrodenabstände gilt generell: Je kleiner der Abstand der Hautelektroden, desto spezifischer ist das EMG bezogen auf einen Muskel und umso geringer ist bei Ableitung von der Rumpfmuskulatur der störende Einfluß von Herzaktionspotentialen.

In diesen Versuchen sollte durch eine entsprechende Platzierung der Elektroden nicht nur der Tonus eines speziellen Muskelgebietes, sondern auch der Gesamttonus der Rückenmuskulatur mit dem EMG bestimmt werden. Eine exakte EKG-Ausblendung erlaubte auch, den Elektrodenabstand für die Massageregion größer zu wählen.

Mit der Elektrodenanlage wurden insgesamt sechs bestimmte Areale der paravertebralen Rückenmuskulatur erfaßt; jeweils drei Areale lagen auf der rechten Seite (K 1,3 und 5) der Wirbelsäule bzw. direkt gegenüber auf der linken Seite (K 2,4 und 6). Entsprechend der Lokalisation der Elektrodenpaare entstanden folgende sechs EMG-Ableitungen bzw. -kanäle:

Kanal 1 (bzw. K 4): BWK 2 - 3, Abstand ca. 3-4 cm

Kanal 3 (bzw. K 2): BWK 5 - 8, Abstand ca. 7-9 cm

Kanal 5 (bzw. K 6): BWK 10 - 11, Abstand ca. 4-5 cm.

Im Gebiet der Ableitung 3 fand immer die Massage bzw. auch die Druckbelastung statt. Der Abstand der Elektroden zur Wirbelsäule hin betrug in etwa 3 cm. Die EKG-Ausblendung erfolgte über einen separaten, siebten EMG-Kanal. Dafür waren zwei Elektroden in der Medioclavicularlinie in Höhe des 4. und 5. ICR angebracht.

Vor Versuchsbeginn wurde über Sichtschirmgerät die Elektrodenanlage sowie die Lagerung kontrolliert. Eventuelle Defekte, z.B. an den Elektrodenkabeln, waren durch Artefakte im EMG leicht zu erkennen oder schon akustisch wahrnehmbar und konnten behoben werden. Waren auch noch nach Ausschluß technischer Störgrößen verdichtete Interferenzmuster in einzelnen Myogrammen sichtbar, so wurde die Lagerung des Probanden nochmals überprüft und anschließend korrigiert, um so die niedrigsten Restaktivitätswerte zu erhalten.

Im Laufe der Versuchsreihe zeigten sich bei einigen Probanden trotz bequemer Lagerung deutlich gesteigerte Muskelaktionspotentiale, die nicht behoben werden konnten. Ursachen für solche "Spannungszeichen" im EMG können z.B. krankhafte Muskelpartien oder eine psychomotorische Unruhe des Probanden sein.

2.6. Zeitlicher Ablauf

Die einzelnen Muskeltonusmessungen fanden in sieben Versuchsphasen statt, in der Regel in Fünf-Minuten-Abständen. Zu Beginn erfolgte immer die Aufzeichnung der Restaktivität für fünf Minuten. Die Reihenfolge der drei verschiedenen Massagegriffe - Streichungen, Knetungen, Zirkelungen - wurde jeweils durch eine Ruhepause von fünf Minuten unterbrochen, in der sich der eventuell veränderte Muskeltonus wieder normalisieren, d.h. in seine Ruheaktivität zurückkehren sollte. Es wurde unmittelbar nach der fünf-minütigen Massage gemessen und ein Zeitabschnitt von drei bis fünf Minuten aufgezeichnet. Die Meßdauer wurde manchmal bei einer sehr lebhaften Reaktion des Muskeltonus des Probanden verlängert. Hielt die Muskeltonusveränderung sehr lange an (mehr als zehn Minuten), wurde nicht weiter gemessen, sondern eine Pause eingelegt. Ergab die Kontrollmessung nach fünf Minuten noch eine deutliche gesteigerte Muskelaktivität, erfolgte nochmals eine Ruhepause von ebenfalls fünf Minuten. Anschließend wurde jedoch, ungeachtet des EMG-Musters, im Versuch fortgefahren. Die Meß- und die Pausendauer waren also

im Gegensatz zur Massagedauer durchaus variabel, der jeweiligen Reaktion des Probanden angepaßt. Allerdings wurde in Anbetracht der langen Liegezeit ein bestimmtes Zeitlimit (120 Minuten) eingehalten.

In den elf Versuchen, in denen die bereits erwähnte Druckapplikation durchgeführt wurde, änderte sich der zeitliche Ablauf. Der Druckbelastungsversuch wurde in die vier verschiedenen Ruhetonus-Meßabschnitte eingeschoben, also zu Beginn des Versuches sowie in die drei Ruhepausen. Dabei fanden jeweils Messungen "vor und während" der Druckbelastung statt. Die Belastung begann im ersten Abschnitt mit dem Aufsetzen des Stempels (1 kg) und in den folgenden Meßabschnitten mit dem jeweils zuletzt erreichten Endgewicht. Die schrittweise Erhöhung des Drucks um jeweils 1,250 kg richtete sich nach der Reaktion bzw. nach Empfindsamkeit des Probanden. Die einzelnen Messungen "unter Druck" dauerten ca. eine Minute. Die maximale Belastung betrug mit einer Ausnahme 6 kg.

Die durchschnittliche Versuchsdauer betrug insgesamt ca. 100 Minuten (Elektrodenanlage, Kontrolle der Anlage und Lagerung, Ruhetonus-Bestimmung, dreimal Massagen- und Pausenmessungen, evtl. Messung während der Druckbelastung).

3. VERSUCHSERGEBNISSE

3.1. Darstellung und Zusammenfassung der Einzelergebnisse

Im Laufe der Versuchsreihe zeichneten sich innerhalb eines Kollektivs von zwanzig Probanden erhebliche Unterschiede in den Ruhetonuswerten sowie in den Massagewirkungen auf den Muskeltonus ab. Deshalb scheint es sinnvoll, zuerst die variablen, individuellen Muskeltonuswerte einzeln zu betrachten und anschließend die statistische Auswertung über alle Versuchsergebnisse zu erläutern. In der folgenden Erörterung werden bei fünf Probanden (VP 9.1 - 13.1, s. Tab. 1, 2 und 3) vorerst nur jeweils die Meßdaten des ersten Versuchs berücksichtigt. Ein separater spezieller Vergleich der Meßergebnisse aus beiden Versuchen dieser fünf Probanden erfolgt in 3.1.5.

3.1.1. Variabilität der Ruhetonuswerte

Voraussetzung für eine wirkungsvolle Massage ist, daß diese auf in Ruhelage entspannte Muskeln appliziert wird. Trotz optimaler Rahmenbedingungen zeigten sich erhebliche Differenzen in den Ruhetonuswerten sowohl intra- als auch interindividuell.

In Tab. 1 sind die Ergebnisse aus den Restaktivitätsbestimmungen derart quantitativ aufgelistet, daß für jeden Probanden die Mittelwerte der mittleren Muskelaktivitäten in Ruhe ($\bar{x}RT_1$) aus den vier Meßabschnitten ($RT_1 = RT, RTS, RTK, RTZ$) des Versuches in den sechs EMG-Ableitungen angegeben sind. Die einzelnen Ruhetonuswerte (RT_1) wurden zu Beginn des Versuches (RT) und jeweils in der Phase nach den Streichungen (RTS), den Knetungen (RTK) und den Zirkelungen (RTZ) bestimmt.

In der Tab. 1 lassen sich bei den einzelnen Versuchspersonen je nach EMG-Kanal unterschiedliche Mittelwerte feststellen. In der Regel sind in den entsprechenden Ableitungen für die mittlere Brustwirbelsäule (BWK: 5-8, K2 und K3) höhere Ruhetonuswerte als über der oberen (BWK: 2-3, K1 und K4) und unteren Brust-

wirbelsäule (BWK: 10-11, K5 und K6) zu erkennen. Dabei zeigt sich eine Korrelation der Ruhetonuswerte in den entsprechenden rechts- und linksparavertebralen Muskelpartien. Bei elf Probanden sind die Werte in den sich gegenüberliegenden Ableitungen identisch, oder sie schwanken nur minimal; die größte Übereinstimmung wird bei 17 Probanden in den distalen Kanälen (K5, K6) beobachtet. Neun Probanden weisen zu Versuchsbeginn wesentliche Wirbelsäulen-Seiten-Differenzen, vor allem in den vier proximalen Ableitungen, auf (s. Tab. 1: VP 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 und 17); diese sind allerdings bei Betrachtung aller vier Ruhetonusmeßabschnitte bei den Versuchspersonen 3 und 5 nur "phasenweise" und VP 4 in der letzten Messung nicht mehr vorhanden.

Eine weitere Disparität der Mittelwerte zeichnet sich in den einzelnen Meßphasen des Versuches ab. Insbesondere bei fünf Probanden (s. Tab. 1: VP 3, 4, 5, 16 und 17) variieren die Werte in den vier verschiedenen Ruhetonusbestimmungen so deutlich, daß sich Differenzen von 1-12 Skalenteilen ergeben.

Bei einem Vergleich der individuellen Meßdaten aller Versuchspersonen ist eine Tendenz zu einem gemeinsamen "Ruhetonus-Minimalbereich" erkennbar. Dieser kann für die Massageregion und die anatomische Pendantregion (K3, K2) bei 2-3 Skalenteilen, für die oberhalb gelegenen Muskelareale (K1, K4) und die distalen Anteile des m. erector trunci (K5, K6) in etwa bei 1-2.3 Skalenteilen angenommen werden. Die Festlegung dieser Minimalbereiche orientiert sich an allen Mittelwerten aus den vier Meßphasen in den "25" Versuchen. Die angegebenen Skalenteile grenzen jeweils den Bereich ein, in den die Versuchspersonen mit sehr niedrigen Ruhetonuswerten eingeordnet werden können.

Bei neun Versuchspersonen ergeben sich Meßergebnisse über dem "RT-Minimalbereich". Dabei weichen bei fünf Versuchspersonen (s. Tab. 1: VP 4, 6, 8, 9.1 und 10.1) die Werte nur geringfügig ab und werden vor allem nur in einzelnen EMG-Ableitungen sichtbar. Die restlichen vier Versuchspersonen (Tab. 1: VP 3, 5, 11.1 und 17) zeigen deutlich erhöhte (1,5 bis 6fache) RT-Werte; hierbei ist auf die Lokalisation in den einzelnen Ableitungen

und auf die Variabilität in den vier Meßphasen zu achten. Alle vier Probanden weisen zu Versuchsbeginn über der gesamten Rückenmuskulatur eine gesteigerte Aktivität auf. Mit Ausnahme des Probanden 11 finden sich je nach EMG-Ableitung und je nach Meßphase zum Teil "minimale" und zum Teil "erhöhte" RT-Werte.

Der Zusammenhang zwischen dem klinisch faßbaren Muskeltonus und den Änderungen im Oberflächen-EMG ist in der Tabelle 1a) für alle 25 Versuche unter Berücksichtigung des hier ermittelten RT-Minimalbereiches aufgeführt. Um die Übersicht zu verbessern, ist die Gestaltung in der Tabelle vereinfacht, indem nur das Therapiegebiet betrachtet wird. Als Resultat findet sich eine sehr hohe, nämlich 92%ige Übereinstimmung bezüglich des subjektiv erhobenen Tastbefundes und des quantitativ bestimmten Ruhetonus. Die geringfügigen Abweichungen in drei Fällen (s.a. Tabelle 1: VP 4, 9.2, 12.2) innerhalb des RT-Minimalbereiches können sicherlich noch als individuelle Normvariante gelten. Aus diesem Grunde kann auch hier noch von einer akzeptablen Korrelation gesprochen werden.

3.1.2. Variabilität der Muskeltonuswerte nach den drei verschiedenen Massagegriffen im Therapiegebiet

Einen raschen Überblick über die unterschiedlichen Massagewirkungen innerhalb der Versuchsreihe erteilt Tab. 2, in der für jeden Probanden die Muskeltonusänderungen nach Streichungen, Knetungen und Zirkelungen in allen sechs Ableitungen qualitativ dargestellt sind. Im Hinblick auf die persönliche Reaktion finden sich prinzipiell drei Unterteilungen: Keine Muskeltonusänderung (kein Eintrag in der Tabelle), Muskeltonuserhöhung (+) und Muskeltonussenkung (-).

Eine weitere, zahlenmäßige Wiedergabe der einzelnen Versuchsergebnisse erfolgt in der Tab. 3. Hier sind die Muskeltonusänderungen (im folg.: Muskeltonus abgekürzt MT) in den sechs EMG-Ableitungen ausgedrückt durch die Summe aus den Differenzen der MT-Werte nach der jeweiligen Massageart und der vorangehenden RT-Werte - innerhalb eines bestimmten Zeitraumes (200 s) - zu den entsprechenden Zeitpunkten i ($i = 1, 2 \dots 10$). Die Summenwerte pro Ableitung ergeben sich folgendermaßen: MTS_i ,

MTK_i, MTZ_i: Muskeltonuswerte nach Streichungen, Knetungen und Zirkelungen zum Zeitpunkt i. RT_i, RTS_i, RTK_i: Ruhetonuswerte zu Beginn des Versuches, nach Streichungen und nach Knetungen zum Zeitpunkt i.

MS, MK, MZ: Summe der Differenzen:

$$- MS = \sum_{i=1}^{10} (MTS_i - RT_i)$$

$$- MK = \sum_{i=1}^{10} (MTK_i - RTS_i)$$

$$- MZ = \sum_{i=1}^{10} (MTZ_i - RTK_i)$$

Diese Summenwerte können entweder keine MT-Änderung (Werte von -2.0 bis +2.0), eine Tonuserhöhung (Werte > 2.0) oder eine Tonusminderung (Werte < -2.0) bedeuten. Von dieser Regel ausgenommen sind folgende Summenwerte (in Tab. 3 mit * gekennzeichnet): MK bei VP 3: K1-K4; MK bei VP 16: K1-K4; MS bei VP 10.2: K2 und K3. Bei diesen Probanden folgt nach einer MT-Erhöhung eine MT-Senkung. Summenwerte von -2.0 bis +2.0 sind in der Tab. 2 nicht eingetragen, weil minimale Schwankungen innerhalb der einzelnen Integralwerte noch nicht als MT-Änderung zu werten sind.

Im Hinblick auf die Ableitung 3 - vorerst interessiert die rein lokale Massagewirkung - lassen sich die Resultate je nach Massageart wie folgt zusammenfassen: Nach den Streichungen zeigen sechs Versuchspersonen keine MT-Änderung, zwölf Versuchspersonen eine MT-Erhöhung und zwei Versuchspersonen eine MT-Minderung. Nach den Knetungen können nun neun Versuchspersonen ohne MT-Änderung und elf Versuchspersonen mit einer Tonussteigerung ermittelt werden. Bei zwei VP (3 und 16) folgt nach einer MT-Erhöhung eine MT-Senkung, d.h. daß im Vergleich zu den in der Pause gemessenen RT-Werten nach der Massage zuerst höhere und später (nach 60-120 s) niedrigere MT-Werte ermittelt wurden. Nach den Zirkelungen weisen schließlich zwölf Versuchspersonen keine Reaktion mehr auf, fünf Versuchspersonen eine MT-Steigerung und drei Versuchspersonen eine MT-Minderung.

Vergleicht man die Variabilität der Versuchsergebnisse intraindividuell, so ergibt sich folgender Aspekt: Zwölf Versuchspersonen zeigen je nach angewandtem Massagegriff unterschiedliche Muskeltonusänderungen, zwei Versuchspersonen immer eine MT-Steigerung und sechs Versuchspersonen überhaupt keine MT-Änderung. Eben jene sechs Probanden zeichnen sich nicht nur bezüglich ihres homogenen Ansprechens auf die Massage hinsichtlich des Muskeltonus aus, sondern weisen auch ähnliche, im "Minimalbereich" liegende Ruheaktivitätswerte auf (vgl. Tab. 1).

Eine weitere, präzisere Analyse der Meßergebnisse läßt erkennen, daß bei den auf die Massage reagierenden Probanden deutliche Varianten in der Intensität der Tonusänderung sowie im zeitlichen Reaktionsverlauf bestehen. Deshalb soll für einige "besonders interessante" Versuchspersonen - im Hinblick auf deren RT-Werte und deren individuelle Massagewirkung - der ganze Versuchsablauf in gewissen Zeiträumen rekonstruiert werden. In den Abb. 3.1 und 3.2 setzen sich die Einzelkurven von sechs Probanden (VP 3, 5 und 16 in Abb. 3.1 und VP 4, 10.1 und 17 in Abb. 3.2) durch die sieben Meßabschnitte (RT, MTS, RTS, MTK, RTK, MTZ, RTZ) folgendermaßen zusammen: Aus dem Behandlungsgebiet (K3) im EMG-Integral sind jeweils die mittleren Aktivitätswerte (A in Skt.) von drei bestimmten Zeitpunkten ($t_1 = 20s$, $t_2 = 100s$, $t_3 = 200s$) aus den vier RT-Messungen (RT, RTS, RTK, RTZ) und von zehn bestimmten Zeitpunkten ($T_1 = 20s$, $T_2 = 40s$, $T_3 = 60s \dots T_{10} = 200s$) aus den MT-Messungen nach der jeweiligen Massageart (MTS, MTK, MTZ) entnommen. Die Abkürzungen MTS, MTK und MTZ bedeuten Muskeltonusbestimmung nach den Streichungen, nach den Knetungen und nach den Zirkelungen. Diese detaillierte Darstellung der MT-Verhältnisse von bestimmten Versuchspersonen soll die bisherigen Feststellungen unterstreichen und auch für die zukünftigen Ausführungen von Nutzen sowie ein Gegenstück zu den statistischen Abbildungen bzw. Tabellen sein.

3.1.3. Typisierung nach dem Aktivitätsmuster in der lokalen Ableitung

Es wurde bereits erwähnt, daß die Probanden mit MT-Änderungen erheblich in ihren myographischen Mustern differieren. Betrachtet man die Werte der mittleren Muskelaktivität hinsichtlich ihrer Höhe und ihrer Änderungen im Zeitablauf, so lassen sich

Tendenzen zu ähnlichen Aktivitätsmustern im EMG-Integral erkennen. Dies ermöglicht eine Zuordnung der Probanden zu folgenden Reaktionstypen:

- Typ A: Minimale, kurzfristige MT-Erhöhung
Dauer: 20-120s
- Typ A': Nach minimaler, kurzfristiger MT-Erhöhung folgt MT-Minderung bis zum Ende der Messung.
- Typ B: Deutliche, kurzfristige MT-Erhöhung
Dauer: 20-120s
- Typ B': Nach deutlicher, kurzfristiger MT-Erhöhung folgt MT-Minderung bis zum Ende der Messung.
- Typ C: Minimale oder deutliche, langfristige MT-Erhöhung
Dauer: (mindestens) 3 Minuten
- Typ D: Minimale oder deutliche, langfristige MT-Minderung
Dauer: (mindestens) 3 Minuten

Wie aus Tab. 2 ersichtlich, müssen die Probanden entsprechend ihren verschiedenen Reaktionen auf die jeweilige Massageart auch verschiedenen Aktivitätstypen zugeordnet werden. So läßt sich folgende Einteilung nach dem Aktivitätsmuster - berücksichtigt werden dabei vorerst die Meßergebnisse aus dem Massageareal - für die drei Massagegriffe vornehmen: \

- Streichungen: Typ A: 3 Probanden, Typ B: 2 Probanden, Typ C: 7 Probanden, Typ D: 2 Probanden
- Knetungen: Typ A oder A': 2 Probanden, Typ B': 1 Proband, Typ C: 8 Probanden
- Zirkelungen: Typ C: 5 Probanden, Typ D: 3 Probanden

In den Abb. 3.1 und 3.2 befinden sich repräsentativ sämtliche Aktivitätstypen, so daß hier die Variabilität der myographischen Muster - intra- sowie interindividuell - über einen Zeitraum von 200s am Beispiel von sechs Probanden quantitativ verfolgt werden kann.

3.1.4. Muskeltonusänderungen und Aktivitätstypen in den verschiedenen Arealen der Rückenmuskulatur

Um Änderungen des Gesamttonus der Rückenmuskulatur von Änderungen des Tonus der speziell behandelten Muskelpartie unterscheiden zu können, interessieren auch die Tonusänderungen der Muskelpartien in den angrenzenden Bereichen. Deshalb sollen nun für die Versuchspersonen mit MT-Änderungen auch die Meßergebnisse aus den Kontrollableitungen je nach Massagegriff erläutert werden.

Wie schon erwähnt, ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen Reaktionen auf die verschiedenen Massagearten je nach Handgriff eine andere Anzahl und eine andere Zusammensetzung der Versuchspersonen mit MT-Änderungen. Hingewiesen sei auch nochmals auf jene sechs Probanden, die im EMG-Integral vor und nach jeder Massagetechnik nahezu gleiche Werte der mittleren Muskelaktivität aufweisen und zwar in allen sechs Kontrollableitungen.

Nach den Streichungen zeigen sich mit einer Ausnahme (vgl. Tab. 2 und 3: VP 13.1) bei 13 Probanden nicht nur über dem Massageareal, sondern auch in den benachbarten Bereichen MT-Änderungen. Dabei unterscheiden sich die Reaktionen (Tonuserhöhung/Tonusminderung) hinsichtlich ihres örtlichen Auftretens und bei einigen Probanden hinsichtlich der Stärke in den verschiedenen Arealen der Rückenmuskulatur.

Bezüglich der in Punkt 3.1.3. dieser Arbeit vorgenommenen Einteilung der Probanden nach Reaktionstypen läßt sich feststellen, daß manchmal bei Betrachtung aller Ableitungen die Intensität der Tonusänderung nicht völlig identisch ist, aber sich zeitlich gesehen kein anderer und kein gegensätzlicher Reaktionstypus ergibt. Bei drei Probanden (10.1, 11.1 und 16) sind MT-Erhöhungen und bei einem Probanden eine MT-Minderung in allen Ableitungen sichtbar.

Nach den Knetungen ist nun bei zwei Probanden nur eine lokale Massagewirkung nachweisbar; dagegen finden sich bei neun Probanden zusätzliche und bei einem Probanden (5: K2 und K4) ausschließlich MT-Änderungen in den benachbarten Arealen - auch hier in unterschiedlichen Ableitungen bei variabler Stärke. Während grundsätzlich alle zwölf Probanden auf Knetungen mit einer Tonuserhöhung reagieren, zeigt sich bei zwei Versuchspersonen (3 und 16) während der Messung eine anschließende Tonusminderung, d.h. es wurden unmittelbar nach Massageapplikation höhere Werte und nach einem Zeitraum von ca. 60s niedrigere Werte im EMG-Integral im Vergleich zu den in der Pause gemessenen RT-Werten sichtbar.

Wegen des bereits erwähnten Wechsels der den einzelnen Probanden zugeordneten typischen Aktivitätsmuster aufgrund des neuen Massagegriffes bleibt auch hier bei Betrachtung aller Ableitungen der Reaktionstypus prinzipiell gleich. In drei Fällen (10.1, 11.1 und 16) treten wiederum auch nach den Knetungen MT-Änderungen in allen Ableitungen auf. Eine besondere Konstellation ergibt sich bei VP 16, da hier nach einer Aktivitätssteigerung über der gesamten Rückenmuskulatur in den vier proximalen Ableitungen noch zusätzlich eine Tonusminderung anzutreffen ist. Demzufolge finden sich die Aktivitätstypen A und A' nebeneinander.

Die MT-Erhöhung bei fünf Probanden und die MT-Minderung bei zwei Probanden nach den Zirkelungen sind auch über den angrenzenden Arealen der Rückenmuskulatur, ebenfalls variabel in Lokalisation und Intensität, meßbar. Der dritte Proband mit einer Tonusminderung zeigt im Gegensatz zu den vorhergehenden Massagegriffen hier nur einen örtlichen Effekt.

Im Hinblick auf die Typisierung nach Aktivitätsmustern gelten dieselben Erläuterungen wie bisher; jedoch sind nach den Zirkelungen bei zwei Versuchspersonen (5 und 17) gegensätzliche Aktivitätstypen zu beobachten. In beiden Fällen liegt in den vier

proximalen Ableitungen rechtsparavertebral der Typ C vor, dagegen linksparavertebral der Typ D. Weiterhin wird noch auf die VP 12 hingewiesen, die nur auf Zirkelungen mit einer Tonus-erhöhung über der gesamten Rückenmuskulatur reagiert.

3.1.5. Versuchsvergleich bei fünf Probanden

Zur Überprüfung der Versuchsreproduktion wurde an fünf Probanden zu einem späteren Zeitpunkt eine Wiederholung des Tests vorgenommen. Die Ergebnisse aus beiden Versuchen werden nun gegenübergestellt und verglichen.

In Tab. 1 (VP 9 - 13) wird deutlich, wie bereits die an unterschiedlichen Tagen durchgeführten RT-Bestimmungen bei derselben Person trotz gleicher Versuchsrahmenbedingungen variieren können. So finden sich nur bei einem Probanden (13) nahezu identische Restaktivitätswerte in beiden Versuchen. In allen anderen Fällen werden bei einem intraindividuellen Testvergleich unterschiedliche RT-Werte in den einzelnen EMG-Ableitungen sichtbar und bei zwei Probanden (9.2 und 11.1) ist jeweils nur in einem Versuch eine erhöhte Restaktivität über der gesamten Rückenmuskulatur festzustellen.

Betrachtet man nun die jeweiligen MT-Änderungen nach den drei Massagegriffen (Tab. 2 und 3), so ergeben sich folgende Aspekte: Alle Personen reagieren in beiden Versuchen auf Streichungen mit einer MT-Erhöhung, auf die bei einem Probanden (10.2) in der Wiederholung noch eine Tonusminderung folgt. Dabei sind nur bei einem Probanden (12) die Tonusänderungen jeweils in den gleichen Muskelarealen lokalisiert und zugleich ist dieser Proband der einzige, der sein persönliches myographisches Aktivitätsmuster beibehält.

Nach den Knetungen ist allen Versuchen wiederum eine feststellbare Tonuserhöhung gemeinsam, die bei zwei Probanden (10 und 12) in den gleichen Ableitungen sichtbar wird. Hinsichtlich des Aktivitätsmusters ergeben sich folgende Änderungen: Drei Probanden wechseln den Reaktionstyp mit dem neuen Massagegriff, drei Probanden von einem Versuch zum anderen.

Während bei zwei Probanden in beiden Versuchen nach den Zirkelungen keine Massagewirkung nachweisbar ist, zeigen drei Probanden gegensätzliche MT-Änderungen und wechseln damit auch ihren Aktivitätstyp. So reagieren zwei Probanden im ersten Versuch mit einer Tonuserhöhung, dagegen im zweiten Versuch mit einer Tonusminderung, und zwar in nahezu allen Ableitungen. Bei dem dritten Probanden ergibt sich nur einmal eine lokale Tonusminderung.

Aus diesen Ausführungen geht hervor, wie sehr die MT-Verhältnisse einzelner Probanden von einem Zeitpunkt zum anderen trotz identischer äußerer Versuchsbedingungen und trotz gleicher Massageapplikation schwanken können. Vor allem in drei Fällen (VP 10, 11 und 12) zeichnen sich erhebliche Unterschiede im Versuchsvergleich ab, die einmal in den konträren RT-Werten (vgl. Tab. 1) deutlich werden, zum anderen auch in den extremen (sehr hohe MT-Werte, teilweise in allen sechs Ableitungen, vgl. Tab. 2 und 3) oder gegensätzlichen Reaktionen auf die jeweilige Massagetechnik. Aus diesem Grunde sollen für den Probanden 11 repräsentativ die Meßergebnisse aus beiden Versuchen auch graphisch gegenübergestellt werden. In der Abb. 3.3 veranschaulichen demzufolge zwei Einzelkurven - auf dieselbe Weise wie in den Abb. 3.1 und 3.2 - die intraindividuelle Variabilität der myographischen Muster in den sieben Meßphasen.

3.2. Statistische Auswertung

Um die MT-Verhältnisse innerhalb eines Kollektivs von zwanzig Probanden in der Gesamtheit beurteilen zu können, wurden sämtliche Meßdaten aus den 25 Versuchen zahlenmäßig erfaßt. Das Ergebnis dieser statistischen Untersuchung soll nun in den folgenden Punkten erörtert werden.

3.2.1. Korrelation der Ruhetonuswerte und der Muskeltonuswerte nach den drei verschiedenen Massagegriffen - Beobachtung jeweils über einen bestimmten Zeitabschnitt aus den sieben Meßphasen der 25 Versuche

3.2.1.1. Betrachtung in allen sechs EMG-Ableitungen

In der Tab. 4 sind die Mittelwerte ($\bar{x}$) und die Standardabweichungen (S)¹⁾ der mittleren Muskelaktivitäten (A) über einen bestimmten Zeitabschnitt (200s) in den sieben Meßphasen für alle 25 Versuche jeweils in den einzelnen EMG-Ableitungen dargestellt.

Bei einem Vergleich der einzelnen Mittelwerte vor ($\bar{x}RT_i$) und nach ($\bar{x}MT_i$) der jeweiligen Massage sind nach den Streichungen sowie nach den Knetungen in allen sechs Ableitungen und nach den Zirkelungen in den vier proximalen Ableitungen (K1-K4) höhere Mittelwerte sichtbar. Diese allgemeine MT-Steigerung könnte im ersten Moment zu der Annahme führen, daß in allen 25 Versuchen generell dieselben Massagewirkungen auf den Muskeltonus nachweisbar waren. Jedoch wissen wir bereits aus Pkt. 3.1., daß weder die RT-Werte noch die Reaktionen auf die jeweiligen Massagegriffe - kontrolliert in den sechs verschiedenen EMG-Ableitungen - in den einzelnen Versuchen identisch waren. Diese Tatsache sowie die große Variabilität der Probanden mit MT-Änderungen in ihren jeweiligen individuellen myographischen Aktivitätsmustern über den Beobachtungszeitraum wird hier auch durch die hohen Standardabweichungen offenkundig. Der paarweise durchgeführte Wilcoxon-Test ergibt nach den Streichungen nur auf dem Behandlungsgebiet (K3) und der darüber liegenden Kontrollregion (K1), nach den Knetungen jedoch in sämtlichen EMG-Ableitungen einen signifikanten Wert. Die MT-Unterschiede zwischen "nach" und "vor" der Massage sind für die Handgriffe Streichungen und Knetungen demzufolge statistisch abgesichert. Ein Massageeffekt nach den Zirkelungen ist statistisch nicht nachzuweisen.

1) Formel der Standardabweichung $S = \sqrt{\frac{\sum_1 (x_i - \bar{x})^2}{N}}$

Die Ergebnisse aus der Tab. 4 sind je nach Massagegriff in den Abb. 4.1 - 4.3 graphisch dargestellt. In den drei Abbildungen sind jeweils die Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (S) aus der Aktivitätsmessung in Ruhe (RT_i) und aus der anschließenden Aktivitätsmessung nach der Massage (MT_i) gegenübergestellt, und zwar in den von proximal nach distal gelegenen EMG-Ableitungen. Aus diesen Abbildungen wird ersichtlich, daß eine gewisse Korrelation der einzelnen Mittelwerte in den sich anatomisch gegenüberliegenden Muskelarealen (in den Abbildungen paarweise markiert: $\square$) besteht. So sind die höchsten Mittelwerte und Standardabweichungen jeweils in den Ableitungen über der mittleren BWS (K2, K3) und die niedrigsten jeweils in den Ableitungen über der distalen BWS (K5, K6) lokalisiert. Bei einer Gegenüberstellung der zur Massageregion gleichseitig gelegenen Ableitungen (K1, K3 und K5, dargestellt als schraffierte Balken) und der gegenseitigen Ableitungen (K4, K2 und K6, dargestellt als weiße Balken) läßt sich folgender Zusammenhang erkennen: In allen RT-Meßabschnitten ist der Gesamttonus über der linksparavertebralen Rückenmuskulatur höher als über der rechtsparavertebralen. In den MT-Abschnitten findet sich nach allen drei Handgriffen, vor allem nach den Knetungen, eine intensivere Tonuserhöhung in den zur Massageregion gleichseitig gelegenen Ableitungen.

3.2.1.2. Gegenüberstellung der lokalen Ableitung und der Kontrollableitungen

Die Tab. 5 - vgl. statistische Auswertung in Tab. 4 - veranschaulicht speziell die Beziehung von den örtlichen zu den nicht örtlichen MT-Verhältnissen. Dabei sind für jeden Meßabschnitt der Mittelwert über die Mittelwerte und Standardabweichungen aus den 5 Kontrollableitungen gebildet ($\frac{\sum \bar{x}_{K_i}}{5}$; $\frac{\sum S_{K_i}}{5}$) und dem jeweiligen Mittelwert und der Standardabweichung aus der Massageregion gegenübergestellt.

Bei einem Vergleich der einzelnen Mittelwerte vor und nach der jeweiligen Massage wird auch aus dieser Abbildung deutlich, daß die Tonuserhöhung auf alle drei Massagegriffe nicht nur über dem behandelten Muskelareal, sondern auch über den benachbarten Regionen der Rückenmuskulatur nachzuweisen ist. Wenn man sich kurz die Ausführungen in den Punkten 3.1.2. und 3.1.4. ins Gedächtnis ruft, so war nur bei drei von insgesamt vierzehn Probanden mit MT-Änderungen (vgl. Tab. 2 und 3) eine alleinige - jedoch nicht nach allen drei Massagegriffen auftretende - lokale Massagewirkung auf den Muskeltonus festzustellen.

Aus der Gegenüberstellung der Massageregion und der angrenzenden Kontrollbereiche resultieren nach dem Wilcoxon-Test alleinige signifikante Werte, die folgendermaßen zu interpretieren sind. Statistisch ist der Massageeffekt am deutlichsten im Therapiegebiet zu finden. Insbesondere

wird in dieser Tabelle - vgl. Tab. 4 - auch ersichtlich, daß die RT-Werte zu Beginn des Versuches (xRT sowie S) höher sind als die RT-Werte am Ende des Versuches (xRTZ sowie S); diese Differenz kann zwar in allen sechs Ableitungen, jedoch am deutlichsten in der Massageregion (Differenz von 7,1 Sekt.) beobachtet werden.

3.2.2. Muskeltonusverhältnisse im Therapiegebiet zu bestimmten Zeitpunkten vor und nach den jeweiligen Massagegriffen

Im Rahmen der bisherigen statistischen Auswertung wurden die Mittelwerte mit Standardabweichungen immer über sämtliche Integralwerte innerhalb eines bestimmten Zeitraumes in den einzelnen Meßabschnitten gebildet. In der folgenden Erörterung, welche sich ausschließlich auf das Behandlungsgebiet bezieht, soll nun die zahlenmäßige Erfassung der mittleren Muskelaktivität im Hinblick auf deren Höhe und auf deren Änderung im zeitlichen Verlauf interessieren. In diesem Sinne sind die Mittelwerte und die Standardabweichungen für die mittleren Muskelaktivitäten - Integralwerte aus der Ableitung 3 - zu jeweils drei bestimmten

Zeitpunkten ($t_1 = 20s$, $t_2 = 100s$, $t_3 = 200s$) vor und zu jeweils 10 bestimmten Zeitpunkten ($T_1 = 20s$, $T_2 = 40s$, $T_3 = 60s \dots T_{10} = 200s$) nach dem jeweiligen Massagegriff in allen 25 Versuchen berechnet und in den Abbildungen 5.1 - 5.3) graphisch dargestellt.

Ein Vergleich der Mittelwerte vor ($\bar{x}RT_{ti}$) und nach den Streichungen ($\bar{x}MTS_{Ti}$, s. Abb. 5.1) ergibt, daß die anfänglich circa 2-fache Tonuserhöhung bereits nach 120s auf den circa 1,5-fachen Wert abgefallen und nach 200s nur noch minimal nachzuweisen ist. Nach den Knetungen (s. Abb. 5.2) dagegen ist die Tonuserhöhung, welche sich in von circa 3-fachen zu auf circa 2-fachen absinkenden Mittelwerten zeigt, auch noch nach 200s deutlich sichtbar. Die vergleichsweise geringe Tonuserhöhung auf die Zirkelungen (s. Abb. 5.3) kann ebenfalls nach 200s kaum mehr registriert werden.

Auch bei dieser zeitlichen Verlaufsdarstellung der MT-Änderungen verdeutlichen die hohen Standardabweichungen wiederum die enormen Differenzen in den individuellen Reaktionen der einzelnen Probanden auf die Massage. Weiterhin wird aus den Abbildungen ersichtlich, daß in der Restaktivitätsbestimmung zu Beginn des Versuches insgesamt etwas höhere und unterschiedliche Mittelwerte sowie circa doppelt so hohe Standardabweichungen vorhanden sind als in der nachfolgenden zweiten RT-Messung nach den Streichungen ($\bar{x}RTS_{ti}$). Dieses Resultat ist auf die nur anfänglich erhöhten, etwas variablen RT-Werte vorwiegend bei vier Probanden zurückzuführen (s. Abb. 3.1 und 3.2 sowie Tab. 1: VP 3, 4, 5 und 17). Die etwas höheren Standardabweichungen im dritten RT-Meßabschnitt sowie die lang andauernde MT-Erhöhung nach den Knetungen lassen erkennen, daß einzelne Probanden (vgl. Tab. 2 und 3) auf diese Massageart sehr intensiv und langfristig reagierten und so auch noch nach der Pause erhöhte Restaktivitätswerte ermittelt wurden (s. Tab. 1: VP 10.2 und 11.1).

3.2.3. Ergebnisse aus der Druckapplikation

Der Druckbelastungsversuch wurde in seiner Durchführung in 2.6 beschrieben und kam bei zehn Probanden (s. Tab. 1: VP 11 mit 20) in elf Versuchen zur Anwendung. Für die statistische Auswertung wurden aus den insgesamt vier Meßabschnitten jeweils die Mittelwerte und die Standardabweichungen über die sich ändernden mittleren Muskelaktivitätswerte während der Druckapplikation (MTD) mit dem jeweiligen Maximalgewicht sowie über die entsprechenden zuvor gemessenen Restaktivitätswerte (RTD) für alle elf Versuche in den sechs EMG-Ableitungen gebildet.

Betrachtet man nun in der Tab. 6 die einzelnen Mittelwerte vor ($\bar{x}$ RTD) und während der Druckbelastung ($\bar{x}$ MTD), so liegt offensichtlich eine MT-Erhöhung in allen sechs EMG-Ableitungen vor. Dieses statistische Resultat kann im Hinblick auf die Einzelergebnisse folgendermaßen analysiert werden: Grundsätzlich reagierten alle zehn Probanden auf die jeweilige maximale Gewichtsanzwendung mit einer MT-Steigerung, die je nach Versuchsperson und je nach Elektrodenlokalisation in den verschiedenen Muskelarealen in variabler Intensität auftrat. Dabei fällt insbesondere das örtliche Vorkommen der MT-Änderungen "unter Druck" auf. Denn bei der Mehrzahl der Probanden - nämlich bei sieben von zehn - ist die Tonuserhöhung deutlich über allen Muskelarealen nachzuweisen, während sie sich bei zwei Probanden (15 und 18) jeweils in den vier proximalen Ableitungen (K1 - K4) und bei einem Probanden in beiden Versuchen (13.1 und 13.2) nur minimal in der Massageregion (K3) zeigt.

Die Tab. 6 läßt weiterhin bei einem Vergleich der einzelnen RT-Werte mit den entsprechenden MT-Werten "unter Druck" erkennen, daß die Tonuserhöhung in den zur Massageregion gleichseitig gelegenen Ableitungen (K1, K3 und K5) intensiver ist als in den gegenseitigen, linksparavertebralen Ableitungen. Der Wilcoxon-Test ist hoch signifikant. Die Nullhypothese konnte hier verworfen werden, da in allen elf Versuchen eine ausschließliche MT-Erhöhung auftrat.

4. DISKUSSION

Wichtigste Voraussetzung für eine wirkungsvolle Massage ist, daß diese auf in Ruhelage entspannte Muskeln appliziert wird und die Muskeln so verformt, daß eine Dehnung resultiert. Doch auch wenn diese beiden Bedingungen erfüllt sind, ist der Effekt der Massage - wie wir in den Versuchen beobachten konnten - nicht immer derselbe, er ist vielmehr abhängig von:

- dem anfänglich ermittelten individuellen Ruhetonus des Probanden,
- dem individuellen Reaktionstypus (z.B. "innere" Einstellung, physische und psychische Verfassung, individuelle Empfindsamkeit),
- der Art, Dauer, Intensität und Reihenfolge der Reizausübung.

Im folgenden sollen die in Punkt 3 dieser Arbeit ausführlich dargestellten Versuchsergebnisse im Hinblick auf die oben angeführten variablen Einflußgrößen in Verbindung zu vorhandenen Lehrmeinungen und auch subjektiven Eindrücken diskutiert werden.

4.1. Beziehung der Ruhetonuswerte in den sechs EMG-Ableitungen und in den vier Meßphasen bei intra- und interindividueller Betrachtung in den 25 Versuchen

Die je nach Lokalisation der Elektroden gemessenen, variablen RT-Werte an der gesunden paravertebralen Rückenmuskulatur sind auf die individuell unterschiedliche Verteilung und Dicke des Fettpolsters und den Muskeltrainingszustand zurückzuführen. Die zu erwartende Korrelation in den anatomisch sich gegenüberliegenden Muskelbereichen zeichnete sich hauptsächlich in den distalen EMG-Ableitungen ab; hier waren bei 17 Probanden in 21 Versuchen identische oder sehr ähnliche Ergebnisse zu finden. Dagegen bestanden bei neun Probanden (s. Tab. 1: VP 3, 4, 5, 6, 8, 9.1, 10.1 und 10.2, 11.1, 17) "asymmetrische" MT-Verhältnisse an der Wirbelsäule, die sich entweder im proximalen oder im gesamten Untersuchungsbereich zeigten und überwiegend linksbetont waren (vgl. K2,4,6 in Abb. 4.1-4.3). Die "Seiten-

differenzen" in den RT-Werten können sowohl durch Muskelverspannungen (positiver Testbefund eindeutig bei VP 3, 10 und 17) als auch durch reflektorische Muskelanspannungen (z.B. VP 3, 5, 11.1, 17) bedingt sein; außerdem können minimale Abweichungen individueller Natur sein. Die Tatsache, daß bei einigen Probanden zu Beginn des Versuches - trotz optimaler äußerer Versuchsrahmenbedingungen - die Restaktivitätswerte in allen EMG-Ableitungen deutlich erhöht waren, kann eigentlich nur mit deren psychischer Verfassung erklärt werden; denn nach eigenen Aussagen und nach Einschätzung der Therapeutin (auch Tastbefund) befanden sich einige Probanden in einer besonderen psychischen Anspannung (z.B. VP 3, 5, 11, 17). Hier sei kurz nochmals erwähnt, daß bereits mehrere Autoren (2, 6, 8, 10, 18) durch Untersuchungen nachgewiesen haben, daß psychische Momente den Muskeltonus erhöhen (vgl. 1.1.). Die in einigen Versuchen (VP 3, 4, 5, 10.2, 11.1, 12.2, 16, 17) erscheinende Diskrepanz der RT-Mittelwerte in den vier Meßphasen ist selbstverständlich auch von den individuell unterschiedlichen Massagewirkungen nach den drei Handgriffen abhängig (vgl. 4.2.).

Es wurde bereits erläutert, wie der "RT-Minimalbereich" für diese Arbeit festgelegt wurde (3.1.1.). Bei Beurteilung dieses Minimalbereiches muß man berücksichtigen, daß nur 25 Versuche und nur für fünf Probanden Kontrollmessungen zu einem späteren Zeitpunkt stattgefunden haben. Außerdem beeinflussten sicherlich zahlreiche objektiv meist nicht faßbare Faktoren ("individueller Reaktionstypus") sowie die hier erfolgten Massageanwendungen die Restaktivitätsbestimmungen. Ein Vergleich der Ergebnisse aus den Doppelversuchen bei fünf Probanden, insbesondere bei Proband 11, verdeutlicht, welche zeitbedingten Schwankungen im physiologischen Ruhetonus möglich sind. Nur ein Proband (VP 13) hatte zweimal nahezu identische RT-Werte im EMG-Integral.

Um eine allgemein gültige Aussage zur Höhe des physiologischen Ruhetonus machen zu können, wären ausschließlich Restaktivitätsbestimmungen an gesunden Versuchspersonen in einer langen Serie vorzunehmen. Aufgrund zahlreicher Meßdaten müßte eine bessere

Differenzierung der Muskeltonusverhältnisse in Ruhe möglich sein und könnte ein "RT-Normbereich" für die Rückenmuskulatur bestimmt werden.

4.2. Massagewirkungen auf den Muskeltonus nach den drei verschiedenen Handgriffen in Korrelation zu den Ruhetonuswerten - Betrachtung im Therapiegebiet bei zwanzig Probanden

Hinsichtlich der in der Literatur vertretenen Hypothesen über Massagewirkungen (17, 22) soll die Massage eines gesunden, entspannten Muskels keinen Einfluß auf den Muskeltonus zur Folge haben. Diese Lehrmeinung hatte sich in der Versuchsreihe bei einer Gruppe von sechs gesunden Probanden mit "minimalen" Ruhetonuswerten durch die gleichbleibende Aktivität im EMG-Integral für das Behandlungsgebiet vor und nach den drei Massagegriffen voll bestätigt. Jedoch zeigten die weiteren 14 Probanden je nach Massagegriff unterschiedliche Muskeltonusverhältnisse, wobei acht Probanden ebenfalls minimale RT-Werte und sechs Probanden erhöhte RT-Werte aufwiesen.

Die im Hinblick auf Art, Intensität und zeitlichem Verlauf unterschiedlichen Muskeltonusänderungen nach den einzelnen Massagegriffen im Therapiegebiet legen es nahe, diese unter Berücksichtigung des vorher ermittelten Ruhetonus jeweils nach der spezifischen Massagetechnik als auch in ihrer Reihenfolge zu diskutieren.

Von den 14 Probanden mit minimalen RT-Werten zeigten unmittelbar nach den Streichungen die bereits erwähnten sechs Probanden keine Muskeltonusänderungen, fünf Probanden kurzfristige (drei A- und zwei B-Typen) und drei Probanden längerfristige (C-Typ) Muskeltonuserhöhungen. Im Versuch 16 war die Massagewirkung "überlagert" (reflektorische Muskelanspannung) und hielt die Aktivitätssteigerung so lange an, daß sie in der zweiten RT-Messung auch noch nachweisbar war (vgl. 4.3.). Die Tatsache, daß in den 14 Fällen trotz gemeinsamer minimaler Grundspannung unterschiedliche MT-Änderungen nach der Massage auftraten,

ließe sich so erklären: Durch die Massage wird auf jeden gesunden, entspannten Muskel ein Reiz ausgeübt; dieser bewirkt "während" der Anwendung eine MT-Änderung, die jedoch nach Wegfall des Reizes mit Hilfe des Oberflächen-EMG entweder nicht mehr (sechs VP) oder nur für eine kurze Zeit (acht VP) nachweisbar ist. Im übrigen wurden bei zwei Versuchspersonen der "6er-Gruppe" außerhalb der Versuchsreihe MT-Messungen während der Massage vorgenommen, die diese Aussage unterstützen. In beiden Fällen war während der Massageapplikation eine MT-Erhöhung und bei Beendigung der Reizausübung sofort wieder die anfängliche, in Ruhe noch vorhandene Aktivität im EMG sichtbar.

Die sofortige oder verzögerte "Normotonisierung" bei den 14 Probanden bzw. die nach der Massage noch gemessenen variablen Tonuswerte bei den acht Probanden lassen sich einmal auf die individuelle Empfindsamkeit, zum anderen auf die sicherlich etwas variierende Reizstärke zurückführen. Außerdem muß man berücksichtigen, daß im Vergleich zur üblichen, in der Praxis durchgeführten Massage (vgl. 2.4.) der Reiz eventuell zu lange und zu konzentriert auf ein kleinflächig umschriebenes Muskelgebiet ausgeübt wurde. Die erstmals nach den Streichungen nachgewiesene tonisierende, aber nicht detonisierende Massagewirkung bei Probanden mit minimalem Ruhetonus läßt sich mit der Aussage über die sogenannte Restaktivität (16) begründen. Das heißt, diese Versuchspersonen lagen derart entspannt, daß die in Ruhe an ihrer Muskulatur gerade noch nachweisbare Grundspannung durch die Massage nicht weiter herabgesetzt werden konnte.

Sechs Probanden wiesen im Gegensatz zu den obigen 14 Probanden zu Versuchsbeginn im Therapiegebiet erhöhte RT-Werte auf. Der besondere Fall einer "schlagartigen" Herabsetzung des Muskeltonus in der Massageregion wurde bei zwei Probanden (VP 5 und 17) mit den Streichungen erreicht; die anfänglich sehr hohen RT-Werte waren in den Minimalbereich abgesunken. Die vier weiteren Probanden mit erhöhter Restaktivität reagierten zunächst mit längerfristigen Tonuserhöhungen. Anschließend waren in der RT-Messung bei zwei Probanden (VP 10 und 11) die gleichen

Werte wie zu Versuchsbeginn und bei zwei Probanden (VP 3 und 4) dagegen niedrigere Werte aufgefallen. Bei den Versuchspersonen 3 und 4 könnte also eine "nachgeschaltete" Detonisierung auf die Streichungen erfolgt sein. Im Hinblick auf die unterschiedlichen Ergebnisse bei diesen sechs Probanden mit erhöhtem Ruhetonus ist folgendes zu überlegen: Der anfängliche Massagereiz auf ein hypertones Muskelgewebe bewirkt, die tagtägliche Praxis zeigt dies, in der Regel nicht sofort eine MT-Minderung (subjektiver Tastbefund), sondern meistens wird der angestrebte Massageeffekt erst allmählich, nach mehreren Behandlungen erreicht (17, 22). Gerade bei Personen mit pathologischen Spannungsverhältnissen kann der anfängliche Massagereiz (Beginn der Therapie) häufig zuerst eine Zunahme der Beschwerden ("Schmerzhaftigkeit" der palperten Muskeln) und somit einer MT-Erhöhung bewirken.

Speziell mit der Massagetechnik der Knetung soll durch die Dehnung der Muskelfaserbündel im "verkrampften" Muskel ein Absenken des Hypertonus erreicht werden (17, 22). Dieser Effekt war in keinem der Versuche mit erhöhten RT-Werten (VP 3, 10, 11 und jetzt auch 16) sofort nach der Massage nachweisbar, bei den Probanden 3 und 16 zeigte sich nach einer kurzfristigen MT-Erhöhung eine Tonusminderung (A'- und B'-Typ). Die Tonusminderung ist bei Proband 3 - vergleicht man die Ruhetonuswerte der bisherigen drei Meßphasen (Tab. 1) - als weitere Detonisierung einzuschätzen. Bei Proband 16 - gleiche Werte in der ersten und dritten RT-Messung - war der auf Streichungen in der zweiten Ruhemeßphase "noch" erhöhte Muskeltonus durch die Knetungen lediglich in die "anfängliche" Grundspannung herabgesetzt worden, d.h. die Tonusminderung hätte ohne reflektorische Muskelanspannung (vgl. 4.3.) nicht erfolgen können.

Von den drei weiteren Versuchspersonen, deren erhöhte RT-Werte infolge der Streichungen nun im Minimalbereich lagen, zeigte Versuchsperson 5 nach den Knetungen keine MT-Änderung in der Massageregion. Dagegen ergab sich bei den VP 4 und 17 eine minimale, maximal 5 - 10 Minuten andauernde MT-Erhöhung, die als kurzfristiger tonisierender Effekt durch die weitere Reiz-

ausübung auf eine nunmehr detonisierte, entspannte Muskulatur verstanden werden könnte.

Bei den nunmehr dreizehn Versuchspersonen (VP 16: erhöhter Ruhetonus) mit niedrigem Ruhetonus wurden bei fünf nur vorübergehend erhöhte Werte (ein A- und drei C-Typen) und bei acht keine MT-Änderungen nach den Knetungen registriert. Im Vergleich zu den Streichungen wird mit den Knetungen ebenfalls eine tonisierende Wirkung erzielt, die aber auch nicht von Dauer ist. Die größere Anzahl der Probanden ohne Muskeltonusänderungen (statt sechs nunmehr acht Probanden) könnte einen Gewöhnungseffekt der Muskulatur auf den Massagereiz andeuten.

Nach dem letzten Massagegriff, den Zirkelungen, wiesen nur noch acht Versuchspersonen Muskeltonusänderungen auf. In diese Gruppe fallen die sechs Versuchspersonen mit anfänglich erhöhtem Ruhetonus; hier war bei zwei Probanden (VP 4, 11) eine MT-Minderung und bei 4 Probanden (VP 3, 5, 10, 17) eine MT-Erhöhung sichtbar. Die MT-Erhöhung fand sich bei Proband 10 nach den drei Massagegriffen, war jedoch an einem anderen Tag nicht reproduzierbar (vgl. 4.4.). Die bei den anderen drei Probanden nach einer Herabsetzung der Muskelspannung vorwiegend auf die Streichungen nun wieder erfolgte Tonussteigerung im Therapiegebiet dürfte vor allem mit der hier durchgeführten Reihenfolge der Massagegriffe (weniger mit der Massagetechnik) sowie mit dem jeweiligen Persönlichkeitstyp (vgl. 4.3.) zusammenhängen. Da hier die Massage auf ein hypertones Muskelgewebe traf, könnte der Reiz auch zu lange, zu schnell aufeinander oder zu oft auf das gleiche Muskelgebiet ausgeübt worden sein und so wieder eine MT-Erhöhung bewirkt haben. Jedoch waren bei diesen drei Probanden die gemessenen RT-Werte in der Massageregion am Ende des Versuches noch wesentlich niedriger als zu Versuchsbeginn. Langfristig war also in allen drei Fällen eine Detonisierung erreicht worden.

Nur noch bei einem gesunden Probanden (VP 12) ließ sich nach den Zirkelungen ein tonisierender Effekt feststellen. Allerdings

war dieses Ergebnis von "besonderen" Umständen begleitet (vgl. 4.3.) und an einem anderen Tag nicht reproduzierbar (vgl. 4.4.).

In den drei Versuchen (VP 4 und 11 mit anfänglich erhöhtem RT und VP 16 mit anfänglich minimalem RT) mit einer MT-Minderung nach den Zirkelungen waren - vergleicht man alle vier RT-Meßabschnitte - die letzten Werte nur bei den Probanden 4 und 16 niedriger. Bei dem Probanden 11 war der von Anfang an erhöhte RT-Wert am Versuchsende noch genauso hoch wie in den ersten beiden RT-Messungen; hier wurde der durch die langfristige Reaktion auf Knetungen "noch" weiter erhöhte Muskeltonus nur um diese Differenz gemindert (vgl. 4.3.). Langfristig war also nur bei den Probanden 4 und 16 eine Detonisierung erfolgt, wobei die RT-Werte allerdings vor und nach den Zirkelungen im Minimalbereich lagen.

Von den insgesamt 14 Probanden mit ähnlichen minimalen RT-Werten zeigten nach den Streichungen noch acht, nach den Knetungen noch sechs und nach den Zirkelungen nur noch zwei (VP 12 und 16) MT-Änderungen. Bei sechs Versuchspersonen (VP 1, 2, 9, 13, 14, 15) war also durch eine weitere Reizausübung keine Wirkung mehr zu erzielen. Schließt man aus diesem Ergebnis auf einen gewissen Gewöhnungseffekt der Muskulatur auf den Massagereiz, so läge hierin eine Begründung für die Anwendungsgepflogenheiten in der Praxis, ein umschriebenes Muskelgebiet nur kurze Zeit zu behandeln, dafür aber die Massage wiederholt in einer bestimmten Behandlungsserie durchzuführen (vgl. 2.4.). Im Zusammenhang mit der hier gewählten Meßmethode sollte man bedenken, daß im Gegensatz zu den Streichungen mit den Knetungen und den Zirkelungen auch die tieferen Muskelanteile behandelt werden. Nachdem das Oberflächen-EMG nur die hochgelegenen Muskelanteile erfaßt, kann dieser sogenannte Gewöhnungseffekt auch "methodisch-technisch" bedingt sein, da die Massagewirkung der Knetungen und Zirkelungen möglicherweise mit Hautelektroden nicht hinreichend nachgewiesen werden kann.

Um den Gewöhnungseffekt exakter nachweisen und um die Massagewirkungen auf den Muskeltonus nach den speziellen Handgriffen besser differenzieren zu können, sollten in mehreren Versuchen zu verschiedenen Zeitpunkten jeweils nur nach einem bestimmten Massagegriff - dieser wiederholt angewendet - MT-Messungen stattfinden.

4.3. Muskeltonusänderungen in den verschiedenen Arealen der Rückenmuskulatur im Hinblick auf deren Intensität und deren zeitlichen Verlauf in den zwanzig Versuchen

Die Lehrmeinung, daß die Massage nicht nur örtlich wirkt, kann mit den hier vorliegenden Ergebnissen bestätigt werden, denn die Massagewirkung war bei nahezu allen vierzehn Probanden mit Muskeltonusänderungen nicht nur auf das behandelte Muskelgebiet begrenzt. Allerdings läßt sich für diese Probanden bezüglich der örtlichen Verteilung der Muskeltonusänderungen auf bestimmte Muskelareale keine Einheitlichkeit feststellen. Statistisch erwiesen ist die deutliche Abgrenzung der Massagewirkung im Therapiegebiet zu den anderen kontrollierten Muskelarealen.

Im Hinblick auf die Aktivitätsmuster in den vierzehn Versuchen war erkennbar, daß sich die Tonusänderungen in den verschiedenen EMG-Ableitungen unabhängig von den einzelnen Massagegriffen bei zehn Probanden lediglich in der Intensität, aber nicht im zeitlichen Ablauf unterschieden. Daß die Massagewirkungen im Therapiegebiet sowie insgesamt rechtsparavertebral am stärksten waren, ist aus praktischer und anatomischer Sicht verständlich. Wechselnde Aktivitätstypen je nach angewandter Massagetechnik bei neun Versuchspersonen und sogar gegensätzliche Aktivitätstypen in den betroffenen Muskelarealen bei drei Versuchspersonen (VP 5, 16, 17) waren meistens auf individuelle Einflußfaktoren zurückzuführen. Deshalb sollen hier sechs Versuchspersonen (VP 3, 5, 11, 12, 16, 17) nochmals näher betrachtet werden. Die im Versuch 3 nach den Zirkelungen "noch" in "fünf" Ableitungen

gemessene Tonuserhöhung war sicherlich mit einer reflektorischen Muskelanspannung verbunden; dieser Proband zählte zu den sogenannten Nervösen und empfand außerdem gerade diese Massageart als unangenehm. Auch in den anderen Fällen mit reflektorischen Muskelanspannungen, die entweder zusätzlich oder ausschließlich eine Aktivitätsmehrung bewirkten (VP 11, 12, 16), wären der psychomotorische Zustand sowie die vegetative Lage des Probanden zu beachten. Als weitere Einflußfaktoren können noch Nervosität infolge der langen Versuchsdauer, Schmerzen aufgrund einer unbequem werdenden Lagerung oder auch Überschreiten der individuellen Schmerzschwelle angeführt werden. Bei den Versuchspersonen 3, 10, 11, 12 und 16 ist aufgrund reflektorischer Muskelanspannungen die Massagewirkung "überlagert" und der eigentliche Massageeffekt auf den Muskeltonus nicht sicher beurteilbar. Gerade diese Probanden waren immer dem Aktivitätstyp C zuzuordnen und wiesen vergleichsweise extrem gesteigerte Werte auf (Tab. 3). Die bei den Probanden 11 (nach Knetungen) und 16 (nach Streichungen) in allen Ableitungen langfristig erhöhten Werte wurden trotz wiederholter Pause auch noch in der nächsten Ruhetonusmessung registriert, jetzt bei Versuchsperson 11 nur noch örtlich und bei Versuchsperson 16 in den vier proximalen Ableitungen. In beiden Fällen waren eben nur diese "fraglich" hohen Werte wieder erniedrigt und bei Versuchsperson 16 erst nach einer Muskeltonuserhöhung in allen Ableitungen, weshalb sich hier unterschiedliche Aktivitätsmuster ergeben.

Die extreme Aktivitätssteigerung über der gesamten Rückenmuskulatur in obigen Versuchen beeinträchtigte die statistische Auswertung insofern, als wesentlich höhere Mittelwerte sowie Standardabweichungen berechnet wurden und diese nach den Streichungen und Knetungen "fälschlicherweise" sogar in allen sechs EMG-Ableitungen erschienen. Ein statistischer Vergleich der Meßdaten vor und nach den ersten beiden Handgriffen läßt erkennen, daß die Tonuserhöhung nach den Knetungen intensiver war und auch länger andauerte. Dieses Resultat ist vor allem durch die Versuchspersonen 9, 10, 11 und 14 bedingt, die auf die Knetungen

mit zwei- bis dreifach höheren Werten als auf die Streichungen reagierten.

Die in den Versuchen 5 und 17 sichtbaren gegensätzlichen Massagewirkungen in den sich gegenüberliegenden vier proximalen Muskelarealen nach den Zirkelungen ließen sich mit Blick auf den individuellen Reaktionstypus bei beiden Probanden (anfänglicher erhöhter Ruhetonus in allen Muskelarealen, psychomotorische Unruhe, positiver Tastbefund bei VP 17) folgendermaßen erklären. Vergleicht man die einzelnen Mittelwerte aus den vier Ruhetonusmessungen in den sechs Ableitungen (vgl. Tab. 1), so sind bei beiden Probanden linksparavertebral (vgl. $\bar{x}_{RTK}$ in K2 und K4) höhere Werte vor den Zirkelungen als rechtsparavertebral sichtbar, die bei Versuchsperson 17 schon von Versuchsbeginn an und bei Versuchsperson 5 durch die langfristige Reaktion auf Knetungen erhöht sind. Eben in diesen Ableitungen findet sich auch eine minimale Tonusminderung. Nachdem rechtsparavertebral in K1 und K3 bereits niedrige RT-Werte bestanden, könnte die weitere Massage als zu langer und zu konzentrierter Reiz auf das gleiche Muskelareal, hier wiederum die Tonuserhöhung, bewirkt haben.

4.4. Überprüfung der Versuchsreproduktion bei fünf Probanden

Eine exakte Reproduktion der Massagewirkungen bei einem Probanden in einem Wiederholungstest ist trotz identischer Rahmenbedingungen nicht zu erwarten. Allerdings vermutet man zumindest eine gemeinsame Grundtendenz in den Muskeltonusänderungen in beiden Versuchen eines gesunden Probanden. Nach den Streichungen und den Knetungen war eine solche Tendenz auch erkennbar, da sich in allen Versuchen ein tonisierender Effekt zeigte, auf den nur bei einem Probanden noch zusätzlich eine Muskeltonusminderung folgte. Die trotzdem vorhandenen intraindividuellen Unterschiede bezogen sich meistens auf das Aktivitätsmuster und das örtliche Auftreten. Der Gewöhnungseffekt war bei den Versuchspersonen 9 und 13 beide Male durch die vor und nach den Zirkelungen gleichbleibenden Aktivitätswerte im EMG-Integral nachzuweisen. In drei Fällen (VP 10, 11 und 12) zeigten sich jedoch nach den Zirkelungen

unterschiedliche Reaktionen, die deshalb nochmals kurz betrachtet werden.

Im ersten Versuch reagierte Proband 10 (positiver Tastbefund) auf alle Massagegriffe nur mit Tonuserhöhungen, während im zweiten Versuch zum ersten Mal schon nach Streichungen und schließlich nach Zirkelungen (noch erhöhte Werte durch die massive Reaktion auf Knetungen in allen Ableitungen) eine Tonusminderung, hier in allen Ableitungen, erfolgte. Obwohl in beiden Versuchen aufgrund reflektorischer Muskelanspannungen der eigentliche Massageeffekt nicht sicher beurteilt werden kann, ist speziell dieser Proband ein Beispiel dafür, daß die Herabsetzung der Muskelspannung möglich ist, aber die Massagewirkung nicht mit einer Behandlung erreicht werden kann.

Ohne die vorhergehende massive Reaktion auf Knetungen (Massagewirkung und reflektorische Muskelanspannung) hätte die im Versuch 11.1 erfolgte rein örtliche Tonussenkung nicht entstehen können und wäre dann auch hier wie im zweiten Versuch mit größter Wahrscheinlichkeit keine Muskeltonusänderung mehr nachweisbar gewesen.

Die gegensätzlichen Muskeltonusänderungen nach den Zirkelungen bei Proband 12 zeigen die individuell unterschiedliche Schmerzempfindsamkeit von einem Zeitpunkt zum anderen. Während die Massage im ersten Versuch eine Aktivitätssteigerung über allen Muskelarealen bewirkte (Proband empfand Friktionen als "unangenehm"), zeigte sich im zweiten Versuch eine Muskeltonusminderung, die allerdings nur minimal und nicht nachhaltig - nicht mehr am Versuchsende - meßbar war.

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse aus zwei Versuchen bei diesen fünf Probanden bestätigte, wie sehr Muskeltonusmessungen mit nahezu identischen äußeren Versuchsbedingungen durch die verschiedensten, meist subjektiven Faktoren beeinflußt werden können. Es wäre einer weiteren Untersuchung überlassen, mehrere Wiederholungstests an einem kleinen Kollektiv von Probanden

durchzuführen, um anhand mehrerer Vergleichsdaten zu objektivieren und eindeutigeren Aussagen über die Massagewirkungen auf den "gesunden" oder "kranken" Muskeltonus zu gelangen.

4.5. Muskeltonusänderungen unter Druckapplikation

Unter dem "individuell verträglichen" Maximaldruck (meist 6 kg) war immer eine Aktivitätszunahme meßbar. Diese erwies sich bei zehn Probanden (9 VP hatten einen minimalen und 1 VP einen erhöhten RT-Wert) in elf Versuchen als variabel im örtlichen Auftreten und in der Intensität. Die teils sehr hohen Werte in sämtlichen EMG-Ableitungen bei sieben Probanden waren nicht nur auf die Druckanwendung oder auf eine Gewichtssteigerung zurückzuführen, sondern mit bestimmten Störfaktoren ursächlich verbunden. So ergab sich für Probanden, die während des Versuchs eingeschlafen waren, das plötzliche Auflegen eines Gewichts naturgemäß als ein Schreckmoment. Weiterhin empfanden einige Personen diesen Druck als unangenehm (kaltes Metallstück) oder sogar schmerzhaft. Als Beispiel für die erheblichen Unterschiede in der individuellen Empfindsamkeit sei hier die Versuchsperson 17 (erhöhter RT) hervorgehoben, da sie als einzige in dieser Reihe bereits auf eine 1-kg-Belastung eine Tonuserhöhung zeigte. Außerdem empfand diese Versuchsperson schon die 3,5-kg-Belastung als schmerzhaft, weshalb auf eine weitere Gewichtssteigerung verzichtet wurde. Im Gegensatz zur Druckbelastung wurde der tastende Finger trotz Muskelverspannungen - subjektiv positiver Tastbefund, objektiv erhöhte Ruheaktivität im EMG - keineswegs als schmerzhaft empfunden.

An dieser Stelle sei erwähnt, daß die subjektive Differenzierung der Tastbefunde nicht immer mit dem EMG-Befund übereinstimmte. Während bei Palpation einer Muskelverspannung stets eine gesteigerte Aktivität im EMG vorhanden war, zeigten sich umgekehrt bei zwei Versuchspersonen deutlich erhöhte RT-Werte (VP5, 11.1) ohne pathologischen Tastbefund. Diese mangelnde Korrelation ist bei beiden VP, wie bereits erläutert, biologisch bedingt. In den Fällen mit Muskelverspannungen konnten jedoch kaum die lokalen oder seitenbetonten Differenzen, wie im EMG häufiger sichtbar, palpiert werden.

Die in sieben Fällen gemessene Muskeltonuserhöhung über der gesamten Rückenmuskulatur resultiert entweder aus der Kombination Druckbelastung und reflektorische Muskelanspannung oder ist rein reflektorisch bedingt. Deshalb ist die Frage, ob bereits "unter Druck" eine Muskeltonusänderung erfolgt, nicht zuverlässig zu beantworten. Allerdings scheint sich die Muskeltonusänderung, wenn sie auftritt, nur als tonisierender Effekt zu zeigen. Aufgrund der obigen und bereits früher (vgl. 2.2.) erfolgten Ausführungen ist diese Methode meines Erachtens nicht zur "Imitation des Fingerdrucks" geeignet.

4.6. Abschließende Betrachtung

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Massage grundsätzlich einen Reiz auf die Muskelspannung ausübt, der bei gesunden, in Ruhe befindlichen Muskeln zu einer Tonisierung führt. Diese ist jedoch schon unmittelbar nach der Massage mit Hautelektroden nicht mehr oder nur noch kurzfristig nachweisbar. Eine nachhaltige Massagewirkung auf den gesunden Tonus der oberflächlichen Muskeln ist also mit einer Anwendung nicht zu erzielen. Bei einigen Probanden mit erhöhten Ruhetonuswerten konnte eine Herabsetzung der Muskelspannung bereits mit der ersten Massageanwendung demonstriert werden. Allerdings läßt sich weiterhin aus den Meßergebnissen folgern, daß mit einer einzelnen Massage keineswegs eine endgültige "Normotonisierung" erreicht wird, sondern vielmehr zur Behandlung hypertonen Muskelgewebes mehrere Massagen Grundbedingung sind.

Gerade bei Krankheitsbildern mit chronisch pathologischen Spannungsverhältnissen der Muskulatur kann immer erst mit einer langen Serie von Massagen - die tagtägliche Praxis beweist dies auch - ein Therapieerfolg eingeleitet werden. Dessen sollte man sich bei der Verordnung physikalischer Maßnahmen bewußt sein und dabei berücksichtigen, daß zum Erreichen eines endgültigen Zieles - Herabsetzung der Muskelspannung und Linderung der Beschwerden - sicherlich eine individuell unterschiedliche Anzahl von Behandlungen erforderlich ist. Trotz notwendiger

Kostensparmaßnahmen kann eine strikte Verordnungsregelung physikalischer Therapieverfahren keinesfalls von Vorteil sein. Die Forderung etwa, in der Praxis nur noch sechs Behandlungen zu verschreiben, ist deshalb abzulehnen.

Im Hinblick auf die hier verwendeten Meßvorrichtungen läßt sich sagen, daß der rein technische Versuchsaufbau sowie die "äußeren" Versuchsbedingungen meist optimale und störungsfreie Muskeltonusmessungen ermöglichten. Einflußfaktoren auf die Muskeltonusmessungen, welche häufig - je nach Handgriff - zu unterschiedlichen Muskeltonusänderungen und zum Teil zu Überlagerungen der Ergebnisse führten, waren bevorzugt in der Individualität der Versuchspersonen zu suchen. So spielten die physische und psychische Verfassung eine wichtige Rolle. Sicherlich ist die Massagewirkung auch abhängig von der Einstellung des Probanden zur Behandlung, dem Einfühlungsvermögen des Therapeuten und dem so bestehenden "therapeutischen Klima".

Der in neun Versuchen nachgewiesene Gewöhnungseffekt bestätigt die in der Praxis übliche Verfahrensweise, wonach Massagen kurz, aber in wiederholten Zeitintervallen durchgeführt werden. Allerdings ist es im Hinblick auf die Reihenfolge der Massagegriffe wichtig zu wissen, daß im Gegensatz zu den Streichungen mit Knetungen und Zirkelungen auch die tiefer gelegenen Muskelanteile behandelt werden und deshalb vielleicht deren Massagewirkung mit Oberflächenelektroden nicht vollständig nachgewiesen werden kann. Die Frage, ob Veränderungen des Muskeltonus mit Hilfe von Oberflächen - EMG - Untersuchungen objektiviert werden können, ist zu bejahen, jedoch mit dieser Arbeit nicht hinreichend beantwortet. Deshalb wäre es wünschenswert, aufgrund der hier vorliegenden Resultate, durch weitere Versuche die Anwendbarkeit dieser Methode noch zu präzisieren.

Die Hypothese, daß Streichungen, Knetungen und Zirkelungen eine Detonisierung hypertonen Muskelgewebes (17, 22) bewirken, konnte in sieben von neun Versuchen (acht Probanden) mit anfänglich erhöhten Ruhetonuswerten nachgewiesen werden. Eine Herabsetzung der Muskelspannung wurde am deutlichsten mit Streichungen bei fünf Probanden erreicht; zugleich erwies sich hier die Tonusminderung als so langfristig und nachhaltig, daß die Ruhetonuswerte am Ende des Versuches wesentlich niedriger als zu Beginn des Versuches lagen. Nach den Knetungen konnte bei einem Probanden eine nachhaltige Detonisierung erzielt werden. Nach den Zirkelungen zeigte sich bei zwei Probanden eine langfristige Massagewirkung. Daß die Tonusminderung in obigen Versuchen vor allem auf Streichungen nachzuweisen war, hängt sicherlich mit der Reihenfolge der Massagegriffe und dem jeweils zuvor ermittelten individuellen Ruhetonus sowie eventuell mit der hier gewählten Meßmethode zusammen. Als ergänzende Untersuchungen wären deshalb Muskeltonusmessungen jeweils nur nach einem bestimmten Massagegriff angezeigt, um so die Massagewirkungen auf den Muskeltonus speziell nach den einzelnen Handgriffen besser differenzieren zu können.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieser Arbeit war, es, mit einem objektiven Meßverfahren die Wirksamkeit einer physikalischen Maßnahme nachzuweisen. Mit Hilfe der Oberflächenelektromyographie mit Integration und EKG-Signalausblendung fanden Messungen statt, um speziell die Muskeltonusverhältnisse über der Rückenmuskulatur "vor und nach" der Massage zu untersuchen und somit über Massagewirkungen auf den Muskeltonus je nach Art des Handgriffes Auskunft geben zu können.

Mit den hier verwendeten Meßvorrichtungen wurden unter äußeren identischen Versuchsbedingungen an zwanzig "sich gesund fühlenden" Probanden 25 Versuche durchgeführt. Die Messungen erfolgten viermal zur Bestimmung des "Ruhetonus" (jeweils vor der Massage und am Ende des Versuches) und dreimal zur Bestimmung des "Muskeltonus" unmittelbar nach den jeweiligen fünf Minuten andauernden Massagegriffen, immer in der Reihenfolge: Streichungen, Knetungen und Zirkelungen. Die Ableitung der Muskelaktionspotentiale mit Hautelektroden wurde immer an sechs festgelegten Arealen der rechts- bzw. linksparavertebralen Rückenmuskulatur vorgenommen, um die örtliche und nicht örtliche Massagewirkung unterscheiden und auch den Gesamttonus überprüfen zu können. Ein zusätzlicher Test, der in elf Versuchen in die vier Ruhetonusmeßabschnitte eingeschoben war, sollte den "tastenden" Finger nachahmen und eventuelle Muskeltonusänderungen "während" einer Druckapplikation aufzeigen.

Der Ruhetonus-Minimalbereich ist aufgrund der hier gewonnenen Ergebnisse für die mittlere BWS mit 2-3 Skalenteilen, für die obere und untere BWS mit 1-2,3 Skalenteilen festgesetzt. Bei einigen Probanden waren für erhöhte RT-Werte entweder "Muskelverspannungen" und/oder "reflektorische" Muskelanspannungen aufgrund verschiedener Einflußfaktoren die Ursache.

In 16 Versuchen mit minimalen Ruhetonuswerten ließ sich das Verhältnis keine Muskeltonusänderung zu Muskeltonuserhöhung nach

den Streichungen in 6 : 10, nach den Knetungen in 8 : 8 und nach den Zirkelungen in 15 : 1 ausdrücken. Diese absinkende Anzahl von Probanden mit MT-Änderungen in der Reihenfolge der Handgriffe könnte auf einen Gewöhnungseffekt hinweisen. Die unmittelbar nach der Massage noch gemessenen MT-Erhöhungen waren - insgesamt gesehen - nur von kurzer Dauer.

In den neun Versuchen mit erhöhten Ruhetonuswerten konnte in fünf Fällen eine Herabsetzung der Muskelspannung, am deutlichsten mit den Streichungen, demonstriert werden. Nur bei einem Probanden bewirkten die Knetungen eine weitere Detonisierung. Mit den Zirkelungen wurde bei zwei Probanden eine weitere Tonusminderung erreicht, während bei zwei anderen Probanden die Tonussenkung nur nach den Zirkelungen auftrat.

In nahezu allen Versuchen mit Muskeltonusänderungen waren diese nicht nur örtlich, sondern auch in benachbarten Muskelarealen nachweisbar. Hiervon abzugrenzen waren jene Fälle, in denen sich der Gesamttonus der Rückenmuskulatur veränderte, so daß eine Beurteilung des eigentlichen Massageeffektes nicht eindeutig möglich war.

In allen elf Versuchen war "während" der Druckapplikation immer - ob minimaler oder erhöhter Ruhetonus - eine Aktivitätssteigerung meßbar, die sich jedoch in sieben Versuchen als Gesamttonuserhöhung aufgrund "reflektorischer" Muskelanspannungen erwies und bei Wegfall des Reizes (Druck) nicht mehr nachzuweisen war.

Die Betrachtung der Ergebnisse führte zu folgenden Schlußfolgerungen:

- Die Massage bewirkt beim gesunden, entspannten Muskel nur vorübergehend eine Muskeltonuserhöhung; eine langfristige, nachhaltige Tonusänderung der oberflächlichen Muskelanteile wurde nicht nachgewiesen.
- Die Massage übt auf ein eng umschriebenes Muskelgebiet nur über befristete Zeit einen Reiz aus; dieser sogenannte Gewöhnungseffekt zeigte sich in den "abgeschwächten" Reaktionen der Probanden in der Reihenfolge der Handgriffe.

- Die Massagewirkung war in einigen Fällen aufgrund reflektori-scher Muskelanspannungen "überlagert" und so nicht immer eindeutig beurteilbar. Die Faktoren, welche Muskeltonusmessungen beeinflussen können, sind vor allem in der Individualität der Person zu suchen und deshalb nie vollkommen auszuschließen.
- Die Hypothese, daß die Massage eine Herabsetzung des Muskel-tonus bewirkt, konnte in acht Fällen bestätigt werden. Bei drei Versuchspersonen war die Tonusminderung auf Zirkelungen nur ein minimaler und kurzfristiger Massageeffekt. Bei fünf Versuchspersonen mit anfänglich erhöhten Ruhetonuswerten konnte jedoch eine wesentliche Detonisierung - am deutlichsten nach den Streichungen, nur minimal nach den Knetungen und Zirkelungen - erzielt werden, die hier langfristig zu niedrige-ren, aber noch nicht im Minimalbereich liegenden Ruhetonuswer-ten führte.

6. ANHANG: Abbildungen und Tabellen

Abb. 1: Meßplatz zur Ableitung von Oberflächenelektromyogrammen, Integration und EKG-Ausblendung

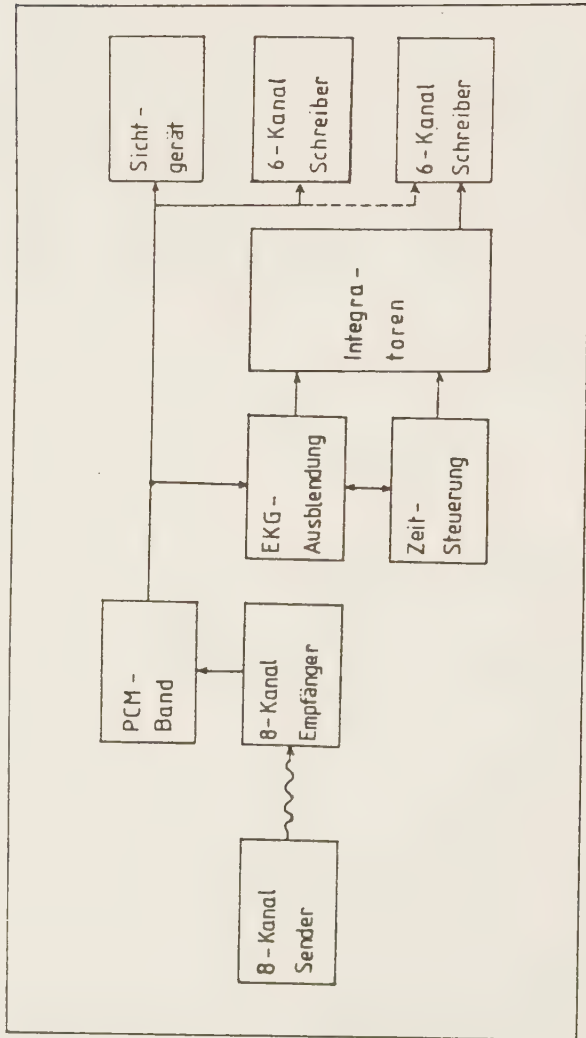


Abb.2: Schematische Darstellung der EKG-Ausblendung.

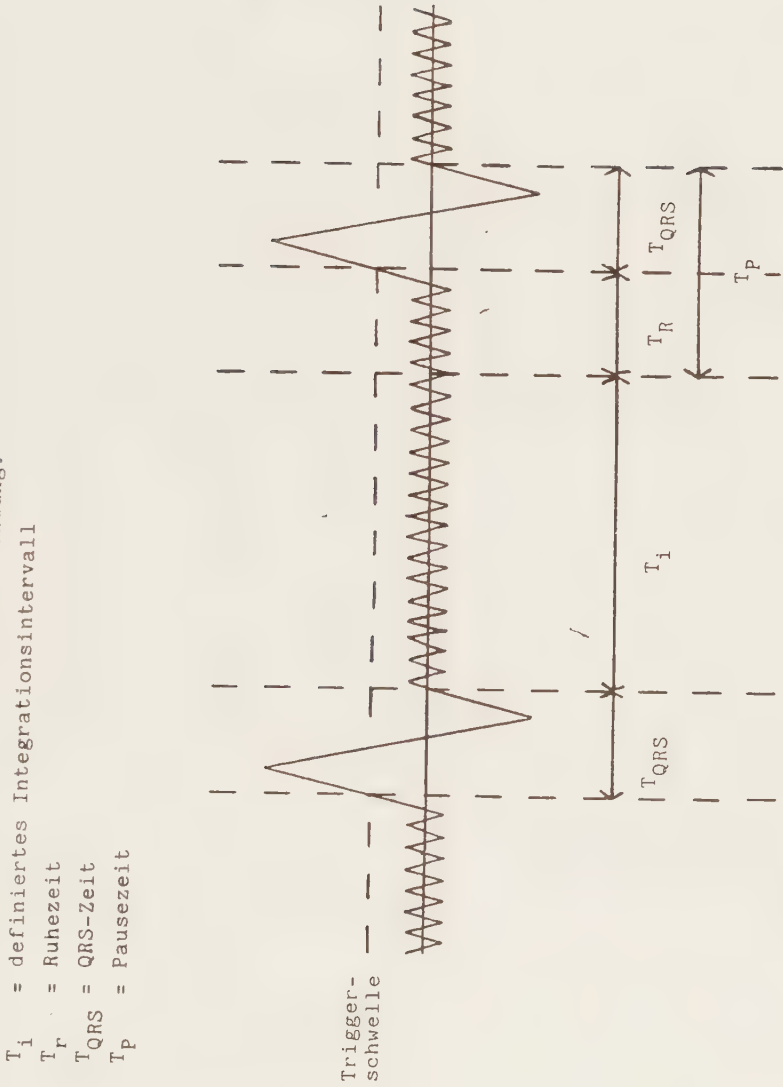


Tabelle 1: Mittelwerte der mittleren Muskelaktivitäten in Ruhe ($\bar{x}RT_1$) aus den vier verschiedenen Meßabschnitten ¹⁾ - jeweils in den sechs EMG-Ableitungen - für die 20 Versuchspersonen (VP) ²⁾.

EMG	1				2				3				4				5				6			
VP	RT	RTS	RTK	RTZ	RT	RTS	RTK	RTZ	RT	RTS	RTK	RTZ	RT	RTS	RTK	RTZ	RT	RTS	RTK	RTZ	RT	RTS	RTK	RTZ
1	1.5	1.5	1.5	1.5	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
2	1.6	1.6	1.6	1.6	2.0	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
3	9.8	7.2	3.8	5.8	7.2	5.6	4.2	4.0	11.3	5.0	3.2	3.9	8.2	7.9	4.3	6.9	4.1	3.7	2.5	2.0	3.0	2.7	2.5	1.8
4	5.0	4.0	2.5	2.0	3.2	2.5	2.0	2.0	4.6	3.0	3.0	2.0	4.0	2.7	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4
5	6.7	2.2	1.7	1.9	4.5	2.0	3.4	2.8	15.2	3.0	3.0	5.0	3.9	2.0	3.0	2.6	2.6	1.0	1.0	1.0	2.8	1.4	1.6	1.4
6	1.5	1.5	1.5	1.5	6.4	6.5	6.5	6.5	2.2	2.2	2.3	2.2	4.0	4.0	4.0	4.0	1.4	1.4	1.4	1.4	1.6	1.6	1.6	1.6
7	2.3	2.2	2.2	2.2	2.8	2.8	2.8	2.8	2.4	2.5	2.4	2.4	2.2	2.2	2.2	2.2	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.8	3.8	3.8	3.8	2.7	2.6	2.6	2.6	4.9	4.9	4.8	4.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.8	1.8	1.8	1.8
9.1	2.1	2.3	2.2	2.3	4.0	4.0	3.8	3.8	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	2.5	2.4	2.5	2.2	2.6	2.4	2.4	2.4
9.2	3.7	3.6	3.8	3.6	5.5	5.1	5.0	5.0	4.8	4.9	4.8	4.8	4.2	4.1	4.2	4.2	4.0	4.0	3.9	3.8	4.0	4.0	4.0	4.0
10.1	6.1	6.1	6.4	6.0	5.2	4.6	4.0	4.0	4.2	4.1	4.3	4.2	4.1	4.7	4.0	4.0	1.1	1.0	1.0	1.0	2.3	2.4	2.4	2.4
10.2	2.2	2.0	2.7	2.0	9.0	2.0	12.0	5.0	7.1	4.6	10.6	4.8	3.9	3.8	4.9	2.9	1.5	1.5	2.9	1.0	2.8	2.4	3.6	2.0
11.1	3.2	3.2	3.2	3.2	9.2	9.3	9.3	9.2	7.7	7.9	8.5	7.8	4.4	4.4	4.4	4.4	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.2
11.2	1.8	1.8	1.8	1.8	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.2	1.1	1.1	1.4	1.3	1.4	1.4
12.1	1.9	1.6	1.7	1.6	2.0	2.0	1.9	1.8	2.8	2.6	2.8	2.6	1.5	1.3	1.2	1.4	1.6	1.2	1.2	1.2	1.6	1.4	1.4	1.4
12.2	3.0	3.2	4.0	3.0	4.1	4.0	3.8	3.8	3.9	4.0	4.0	4.0	3.4	3.4	5.0	3.7	1.0	1.0	1.1	1.0	1.1	1.0	1.2	1.0
13.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.9	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
13.2	1.2	1.1	1.1	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	2.8	2.8	2.8	1.6	1.6	1.4	1.6	1.9	1.6	1.6	1.6	1.2	1.2	1.4	1.2
14	1.8	1.8	2.0	2.0	2.1	2.0	2.0	2.0	2.3	2.3	2.4	2.4	1.7	1.5	1.7	1.5	1.6	1.4	1.4	1.4	1.6	1.4	1.4	1.4
15	1.7	1.7	1.6	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.9	1.9	2.0	1.9	1.9	1.9	1.6	1.6	1.7	1.4	1.4	1.4	1.7	1.8	1.8	1.6
16	1.6	2.7	1.5	1.5	3.0	4.0	3.9	3.0	2.7	3.9	2.8	2.3	1.5	2.3	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.4
17	3.2	3.2	3.2	3.2	8.0	17.3	16.8	14.0	7.6	2.0	2.3	2.8	8.2	8.1	7.6	5.7	6.2	3.0	2.0	2.0	5.4	5.0	5.0	5.0
18	1.5	1.5	1.5	1.5	2.7	2.5	2.5	2.5	2.9	2.8	2.9	2.8	1.4	1.4	1.4	1.4	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.9	1.8
19	1.0	1.0	1.0	1.0	2.8	2.8	2.7	2.7	2.4	2.4	2.3	2.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.1	1.2	1.1	1.2	2.0	2.0	2.0	2.0
20	1.9	1.9	1.9	1.9	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.7	1.8	1.6

1) RT_1 = RT oder RTS oder RTK oder RTZ = Ruhetonusbestimmung zu Beginn des Versuches oder nach Streichungen oder nach Knetungen oder nach Zirkelungen.

2) Beachte: VP9 mit 13 haben 2 Versuche; ebenso in Tab. 2 und Tab. 3.

Tabelle 1a): Korrelation zwischen subjektivem Tastbefund und
quantitativ ermitteltem Ruhetonus im Therapiegebiet

VP	Tastbefund	Ruhetonus	Korrelation
1	-	minimal	ja
2	-	minimal	ja
3	+	erhöht	ja
4	-	min. erhöht	ja
5	-	erhöht	nein
6	-	minimal	ja
7	-	minimal	ja
8	-	minimal	ja
9.1	-	minimal	ja
9.2	-	min. erhöht	ja
10.1	+	min. erhöht	ja
10.2	+	erhöht	ja
11.1	-	erhöht	nein
11.2	-	minimal	ja
12.1	-	minimal	ja
12.2	-	min. erhöht	ja
13.1	-	minimal	ja
13.2	-	minimal	ja
14	-	minimal	ja
15	-	minimal	ja
16	-	minimal	ja
17	+	erhöht	ja
18	-	minimal	ja
19	-	minimal	ja
20	-	minimal	ja

Tabelle 2: Qualitative Darstellung der Muskeltonusänderungen
(Erklärungen siehe nächste Seite)

VP	Streichungen EMG-Kanäle	Knetungen EMG-Kanäle	Zirkelungen EMG-Kanäle	Typisierung nach Aktivitätsmustern		
	3 1 5 2 4 6	3 1 5 2 4 6	3 1 5 2 4 6	Str.	Knet.	Zirk.
1	+			A		
2	+			A		
3	+	+	+	C	B'	C
4	+	+	+	C	C	D
5	+	+	+	D	(C)	C(D)
6						
7						
8						
9.1	+	+		C	C	
9.2	+	+		A(B)	A(B)	
10.1	+	+	+	C	C	C
10.2	+	+	+	B'(B)	C	D
11.1	+	+	+	C	C	D
11.2	+	+		A	B	
12.1	+	+	+	B(A)	C	C
12.2	+	+	+	B(A)	C	D
13.1	+	+		C	C	
13.2	+	+		A	A	
14	+	+		A	C	
15	+	+		B	A	
16	+	+	+	C	A'(A)	D
17	+	+	+	D	C	C(D)
18						
19						
20						

Erklärungen zur Tabelle 2:

- (1) Muskeltonusänderungen, gemessen in den 6 EMG-Ableitungen
- bei 20 Versuchspersonen (VP) in 25 Versuchen - nach den
drei verschiedenen Massagegriffen:

- + minimale Muskeltonuserhöhung
- ± deutliche Muskeltonuserhöhung
- minimale Muskeltonussenkung
- = deutliche Muskeltonussenkung
- ± nach einer Muskeltonuserhöhung folgt eine
Muskeltonussenkung
- Kein Eintrag bedeutet keine Muskeltonusänderung

- (2) Lokalisation der EMG-Kanäle (bzw. Ableitungen):

Rechtsparavertebral: K 3 BWK 5 - 8 (Massageareal)
K 1 BWK 2 - 3
K 5 BWK 10 - 11

Linksparavertebral: K 2 BWK 5 - 8
K 4 BWK 2 - 3
K 6 BWK 10 - 11

- (3) Typisierung nach dem Aktivitätsmuster für die Ableitung 3
- Massageareal - bzw. für die benachbarten Ableitungen (in
Klammern stehende Buchstaben).
Erläuterungen siehe Punkt 3.1.3.

Tabelle 3: Quantitative Darstellung der MT-Änderungen durch die 3 Summenwerte (MS, MK, MZ) pro EMG-Kanal (s.a. nächste Seite)

EMG	1			2			3			4			5			6		
	MS	MK	MZ	MS	MK	MZ	MS	MK	MZ	MS	MK	MZ	MS	MK	MZ	MS	MK	MZ
VP																		
1	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	5.0	-0.2	-0.2	0.0	-0.2	-0.2	-0.2	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.0
3	30.4	*-6.2	73.0	-0.6	*-15.7	11.2	71.0	*3.2	63.4	-0.6	*-6.8	29.5	80.6	-1.0	6.4	-0.2	0.6	-0.2
4	79.2	44.1	-10.2	26.2	15.9	0.0	113.8	68.8	-8.6	16.5	10.2	-2.6	7.4	11.4	-0.9	0.0	1.6	-0.8
5	11.2	-1.2	18.8	-22.2	20.2	-4.0	-111.0	-0.4	30.2	-18.2	8.6	-2.4	-15.4	0.2	0.8	-13.8	0.8	0.0
6	-0.2	0.3	0.3	0.0	-0.8	0.0	0.0	0.4	-0.2	0.0	-0.2	-0.2	0.0	0.2	-0.4	0.0	0.0	0.4
7	0.0	-0.2	0.6	0.0	-0.4	-0.6	0.0	-0.6	-0.2	0.0	0.6	0.4	0.0	0.4	0.4	0.0	0.4	0.4
8	-0.2	0.2	0.6	-0.2	0.0	0.2	0.0	1.0	0.4	0.0	0.2	0.6	0.0	0.3	0.8	0.0	0.4	0.2
9	1.1	0.0	26.8	-0.4	143.2	-0.4	21.2	98.4	0.0	139.6	-0.8	0.0	13.0	61.4	-1.4	-0.6	0.2	0.0
10	16.4	30.4	-1.0	4.2	7.4	1.0	3.8	4.6	0.4	20.6	22.4	0.0	0.0	-0.4	0.8	-0.4	-0.4	-0.4
11	21.0	107.8	40.2	66.4	80.6	77.4	51.0	185.8	108.8	11.2	15.2	19.6	2.6	10.2	0.6	2.2	3.2	0.0
12	-1.4	15.6	-5.8	*-12.0	104.0	-0.0	*63.0	152.0	-49.2	-0.4	9.4	-18.8	41.2	29.6	-17.4	-0.6	7.4	-9.4
13	1.6	0.0	0.4	63.8	37.2	-0.4	132.8	249.0	-5.6	8.2	10.8	-0.4	7.6	3.6	-0.4	5.8	4.4	-1.0
14	7.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	2.2	43.2	0.2	0.0	-0.2	-0.2	0.0	-0.2	0.2	-0.2	-0.4	0.2
15	4.6	10.0	102.2	-0.4	9.4	45.6	14.2	5.8	114.4	-0.8	15.2	19.2	-1.2	0.0	5.0	-1.4	1.0	3.8
16	6.4	23.8	-4.8	-0.2	11.8	-3.2	9.0	7.6	-3.0	-0.8	40.4	-18.4	0.0	0.4	-0.2	-0.2	-0.2	0.2
17	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-1.0	56.4	67.4	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	-0.2	0.8	-0.6	3.8	5.6	1.2	3.0	4.4	0.0	-0.6	0.8	2.0	-1.6	0.8	1.6	0.0	0.6	0.0
19	1.0	99.0	-1.4	12.0	61.4	-1.4	4.4	199.4	-1.0	12.8	26.8	-0.8	-1.4	0.6	0.8	-1.4	0.6	1.2
20	8.0	-0.6	0.0	0.4	0.8	-0.6	11.2	7.0	-1.0	1.0	-2.0	0.4	-1.0	0.0	0.0	0.2	-1.2	0.0
21	10.4	*-11.6	-0.2	131.8	*-5.6	-9.6	79.6	*-5.2	-2.4	32.2	*-7.8	-0.3	122.4	5.8	-0.1	129.4	11.4	-0.2
22	-0.2	14.2	15.0	-1.0	9.0	-13.0	-57.4	5.4	7.4	0.0	1.5	-8.0	-42.6	0.0	-1.2	-1.0	1.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.9	0.9	0.0	0.6	-0.4	0.0	0.4	0.4	0.0	0.4	0.4	0.0	0.6	-0.2
24	0.0	-0.2	0.4	-0.4	-0.4	0.8	-0.2	-0.6	0.0	0.0	-0.2	0.4	0.2	0.8	0.0	-0.2	0.6	0.4
25	-0.2	-0.4	-0.2	0.0	0.6	-0.2	0.0	0.4	-0.2	0.0	-0.2	0.4	0.0	-0.2	0.4	0.0	-0.2	0.4

Tabelle 3: Quantitative Darstellung der MT-Änderungen in den 6 EMG-Ableitungen durch die Summe aus den Differenzen der MT-Werte nach dem jeweiligen Massagegriff (MTS_i , MTK_i , MTZ_i)¹⁾ und der vorangehenden RT-Werte (RT_i , RTS_i , RTK_i)²⁾ zu den entsprechenden Zeitpunkten i, innerhalb eines bestimmten Zeitabschnittes (200s). Pro EMG-Ableitung finden sich für jede Versuchsperson (VP) 3 Summenwerte:

$$- MS = \sum_{i=1}^{10} (MTS_i - RT_i)$$

$$- MK = \sum_{i=1}^{10} (MTK_i - RTS_i)$$

$$- MZ = \sum_{i=1}^{10} (MTZ_i - RTK_i)$$

1) MTS_i , MTK_i , MTZ_i :

Muskeltonuswerte nach Streichungen, Knetungen und Zirkelungen zum Zeitpunkt i.

2) RT_i , RTS_i , RTK_i :

Ruhetonuswerte zu Beginn des Versuches, nach Streichungen und nach Knetungen zum Zeitpunkt i.

Abb.3.1: Aufzeichnung der MT-Verhältnisse im Massageareal für die VP 3, 5 und 16 in den sieben Meßphasen (RT, MTS, RTS, MTK, RTK, MTZ, RTZ). Für die detaillierte Darstellung des ganzen Versuchablaufs wurden die einzelnen Zeitabschnitte unterschiedlich skaliert. Die Meßphasen sind durch die jeweilige Massage (S, K, Z) und die Pausen (P) unterteilt. VP3----- VP5----- VP16....

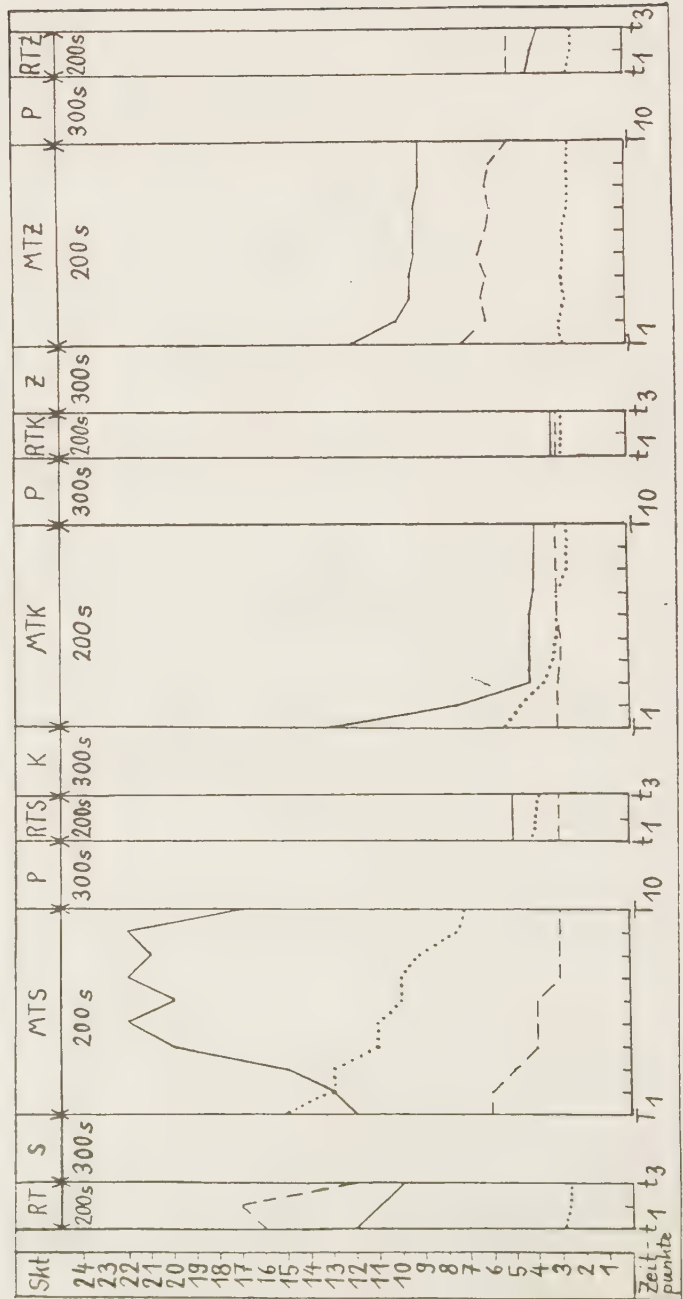


Abb.3.2: Aufzeichnung des ganzen Versuchablaufs für die VP4, 10.1 und 17.
Darstellung wie in der Abb.3.1. VP4----- VP10.1----- VP17.....

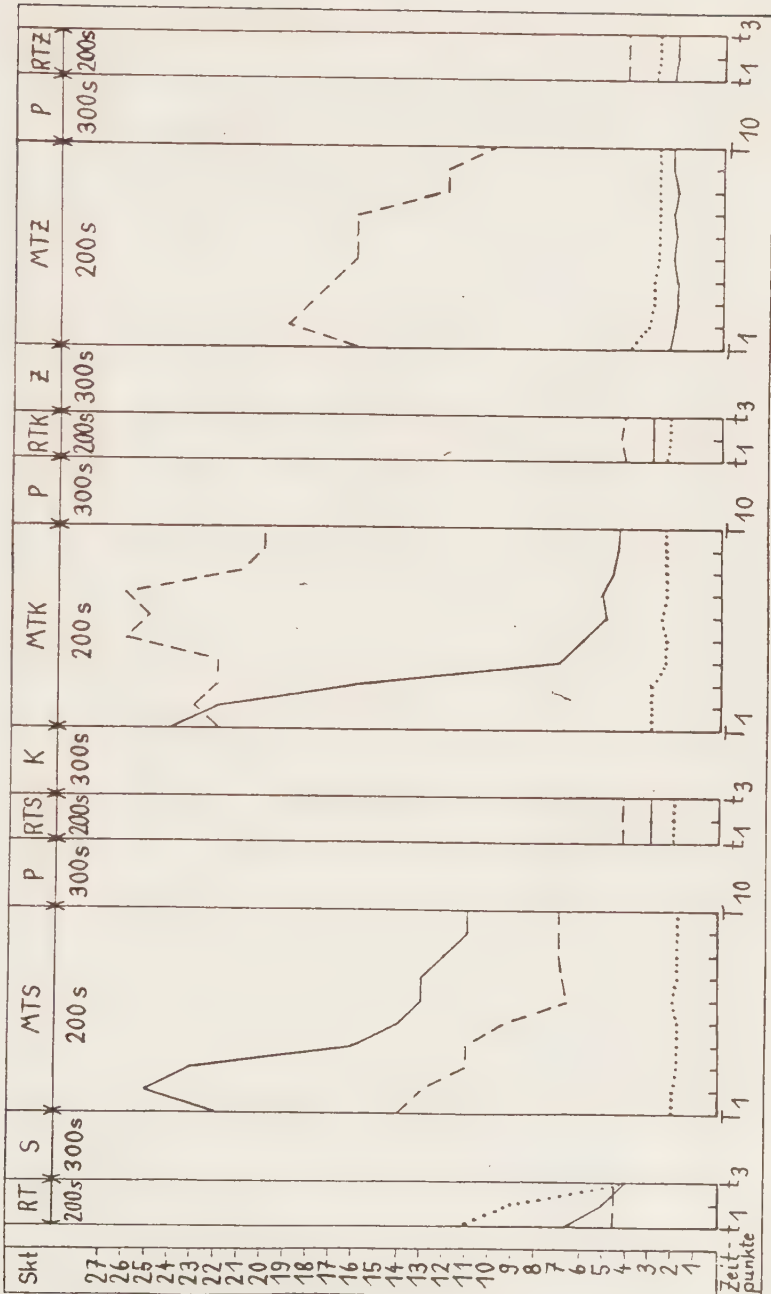


Abb. 3.3: Aufzeichnung des ganzen Versuchablaufs für die VP11, dargestellt wie in Abb. 3.1 und 3.2. Die beiden Einzelverläufe entsprechen den zwei Versuchen bei diesem Probanden. Erster Versuch — Zweiter Versuch ----

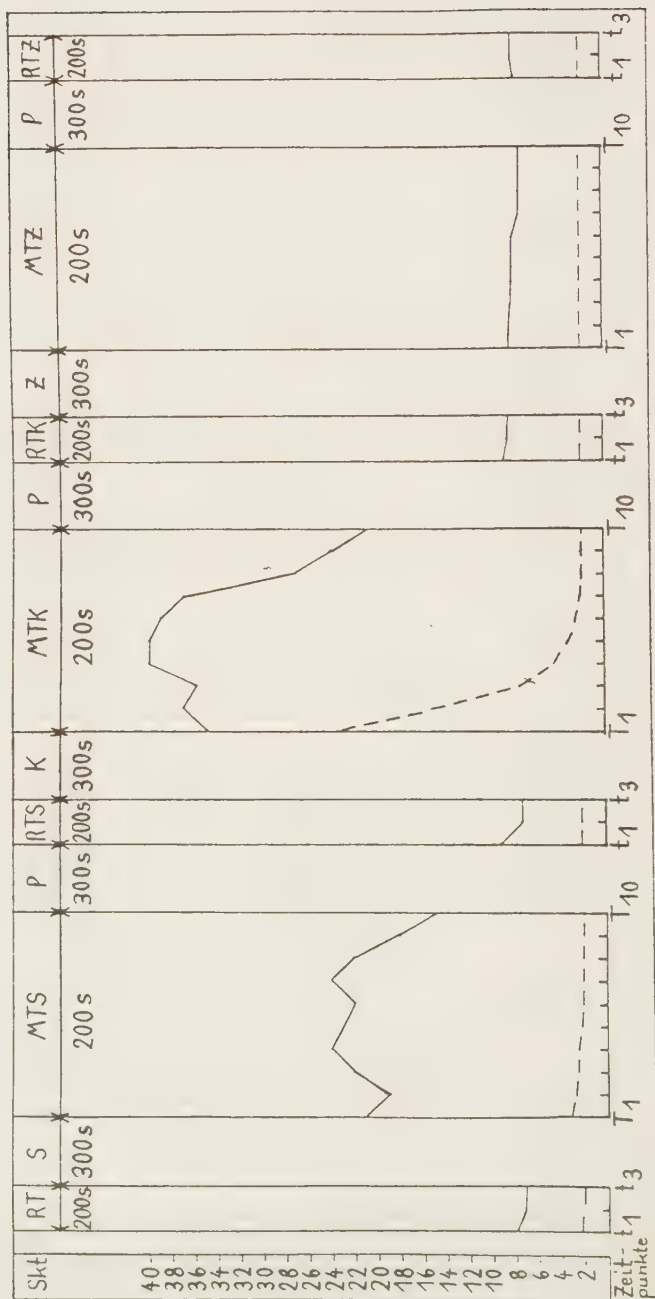


Tabelle 4: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (S) der mittleren Muskelaktivitäten über einen bestimmten Zeitabschnitt (200sec) in den sieben Meßphasen¹⁾ - jeweils in den sechs EMG-Ableitungen - für alle 25 Versuche. Darstellung der Ergebnisse aus dem Wilcoxon-Test²⁾.

Meßabschnitte mit jeweiligen $\bar{x}$ und S sowie t-Test		EMG-Ableitungen					
		1	2	3	4	5	6
RT	$\bar{x}$	2.8	4.4	4,2	3.2	2.0	2.1
	S	2.0	3.5	3.2	1.9	1.2	1.0
MTS	$\bar{x}$	3.4	5.9	6.2	4.1	2.9	2.7
	S	3.2	5.5	5.5	3.6	3.2	2.6
Signifikanz		*	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
RTS	$\bar{x}$	2.5	3.9	3.2	3.1	1.8	2.0
	S	1.5	3.2	1.3	1.8	0.8	0.9
MTK	$\bar{x}$	3.9	5.3	7.6	3.6	2.3	2.2
	S	3.7	4.8	8.2	2.2	1.7	1.0
Signifikanz		*	*	*	*	*	*
RTK	$\bar{x}$	2.3	4.2	3.3	2.9	1.7	2.1
	S	1.2	3.5	2.0	1.6	0.7	0.9
MTZ	$\bar{x}$	3.2	4.3	4.3	3.1	1.7	2.1
	S	3.1	3.4	3.7	1.8	0.7	0.9
Signifikanz		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
RTZ	$\bar{x}$	2.3	3.7	3.1	2.8	1.6	1.9
	S	1.3	2.7	1.3	1.5	0.6	0.9

1) RT_1 = RT bzw. RTS bzw. RTK bzw. RTZ = Ruhetonusmessung zu Beginn des Versuches bzw. (in der Pause) nach den Streichungen bzw. (in der Pause) nach den Knetungen bzw. (in der Pause) nach den Zirkelungen.

MT_1 = MTS bzw. MTK bzw. MTZ = Muskeltonusmessungen nach den drei Massagegriffen.

2) n.s. = nicht signifikant

* = signifikant

Abb.4.1-3: Abbildungen zur Tabelle 4

Abb.4.1: Darstellung der Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (S) der mittleren Muskelaktivitäten vor (RT) und nach Streichungen (MTS) für alle 25 Versuche in den sechs EMG-Ableitungen. Anatomisch gegenüberliegende Areale sind paarweise (┌─┐) markiert und die rechtsparavertebral, zur Massageregion gelegenen Areale durch "schraffierte Balken" gekennzeichnet; die Massageregion ist gesondert hervorgehoben ("Gittermuster").

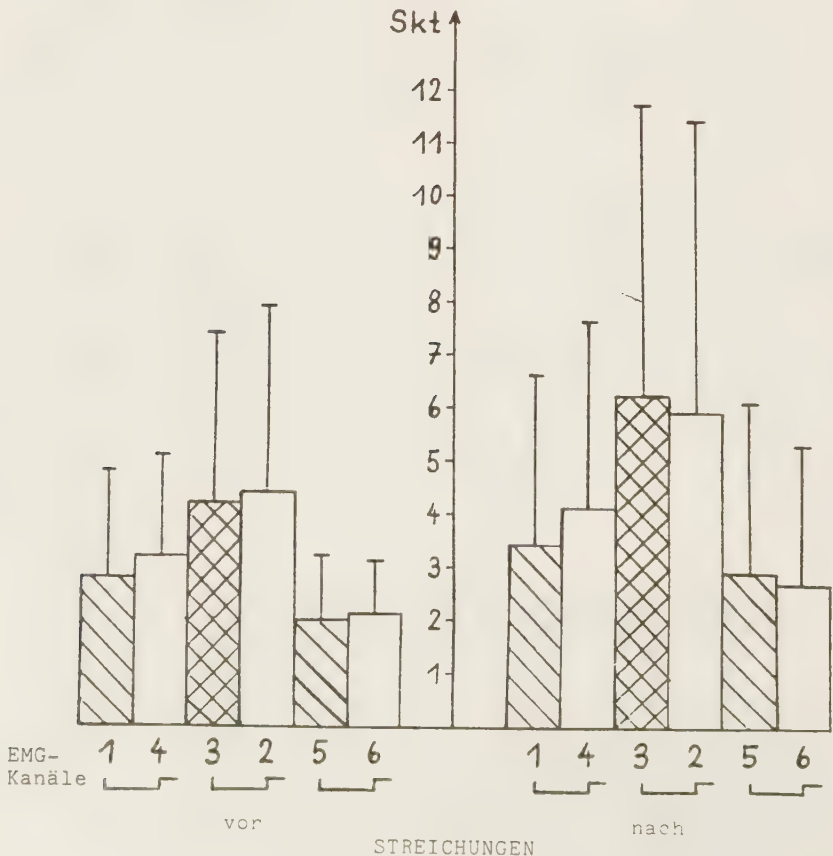
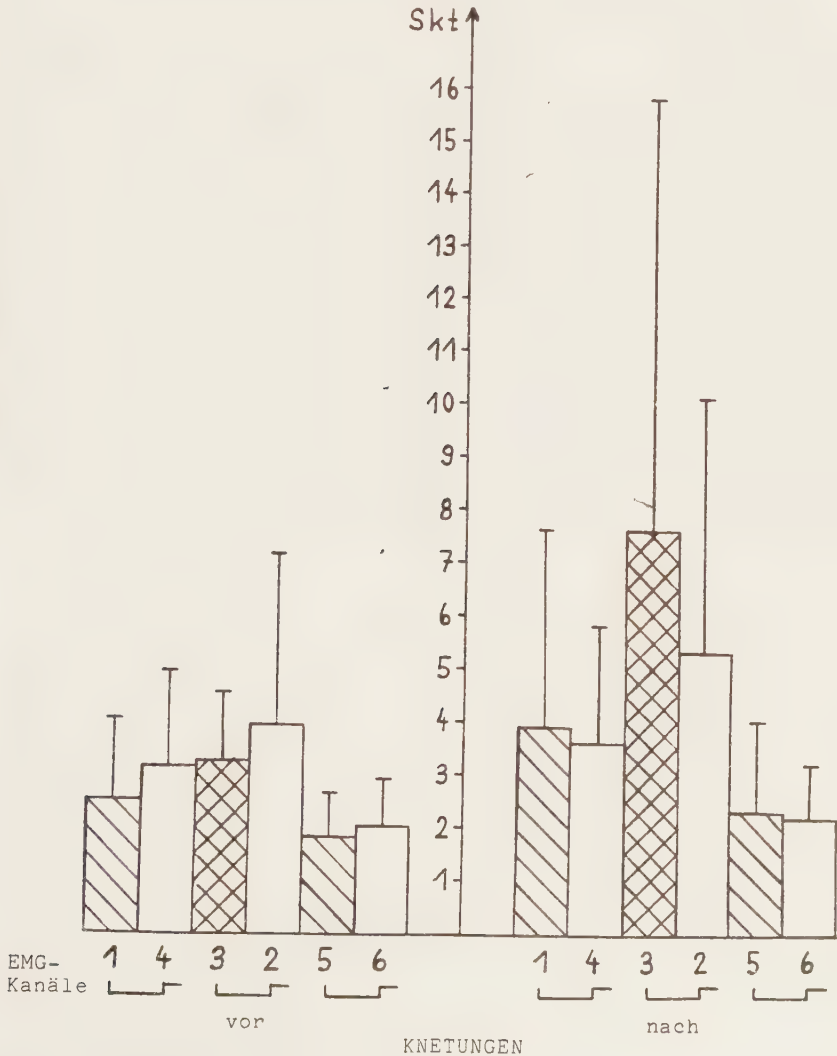


Abb.4.2: Darstellung der Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (S) der mittleren Muskelaktivitäten vor (RTS) und nach Knetungen (MTK) für alle 25 Versuche in den sechs EMG-Ableitungen. Zu den "Markierungen" und "Füllmuster" vgl. auch Balken-Diagramm 4.1.



Die Ergebnisse der Mittelwerte (M) der Geschwindigkeit der Muskelaktivitäten vor und nach der Operation sind in der Tabelle dargestellt. Die Ergebnisse der Mittelwerte der Muskelaktivitäten vor und nach der Operation sind in der Tabelle dargestellt.

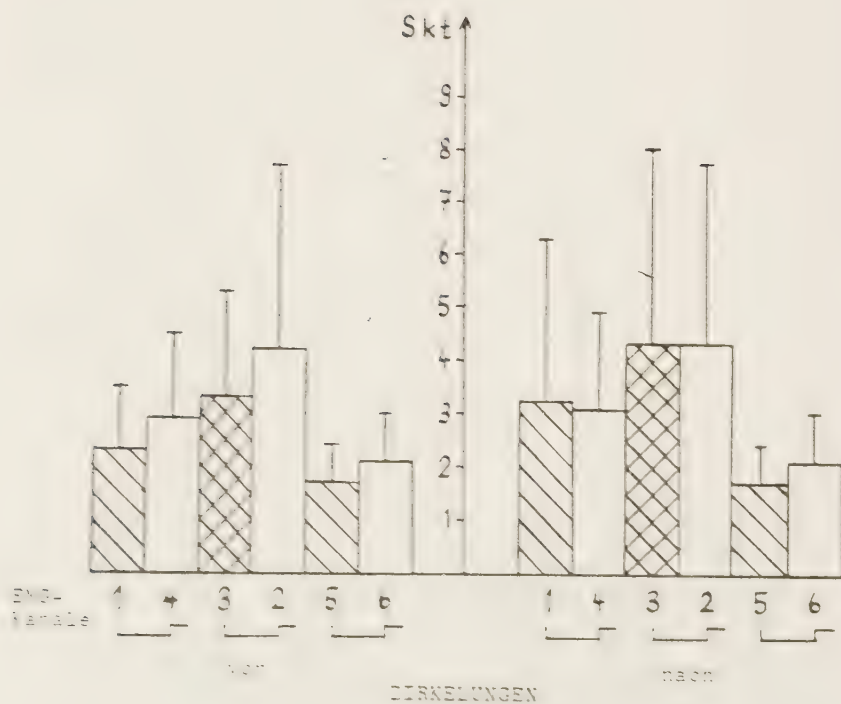


Tabelle 5: Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der mittleren Muskelaktivitäten über einen bestimmten Zeitabschnitt aus der lokalen Ableitung ($\bar{x}_{K3}$; S_{K3}) und aus der Summe der statistischen Ergebnisse aus den 5 Kontrollableitungen ($\frac{\sum \bar{x}_{Ki}}{5}$; $\frac{\sum S_{Ki}}{5}$; $Ki = K1, 2, 4, 5, 6$) in den sieben Meßphasen.
Darstellung der Ergebnisse aus dem Wilcoxon-Test²⁾

Meßabschnitte	EMG-Kanal 3 (Massageareal) $\bar{x}_{K3}$ (S_{K3})	EMG-Kanäle 1, 2, 4, 5, 6 $\frac{\sum \bar{x}_{Ki}}{5}$ $\frac{\sum S_{Ki}}{5}$	Ergebnisse aus dem Wilcoxon-Test
RT	4.2 (3.2)	2.9 (1.9)	*
MTS	6.2 (5.5)	3.8 (3.6)	*
RTS	3.2 (1.3)	2.7 (1.6)	*
MTK	7.6 (8.2)	3.5 (2.7)	*
PTK	3.3 (2.0)	2.6 (1.6)	*
MTZ	4.3 (3.7)	2.9 (2.0)	*
RTZ	3.1 (1.4)	2.5 (1.4)	*

1) Siehe auch Tabelle 4¹⁾

2) Siehe auch Tabelle 4²⁾

Abb.5.1-3: Zeitliche Darstellung der Muskeltonusänderungen.

Abb.5.1: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (S) der mittleren Muskelaktivitäten zu drei bestimmten Zeitpunkten ($t_1 = 20s$, $t_2 = 100s$; $t_3 = 200s$) vor und zu zehn bestimmten Zeitpunkt ($T_1 = 20s$, $T_2 = 40s$ $T_{10} = 200s$) nach Streichungen für alle 25 Versuche. Die Darstellung erfolgt für die Massage-region (K3).

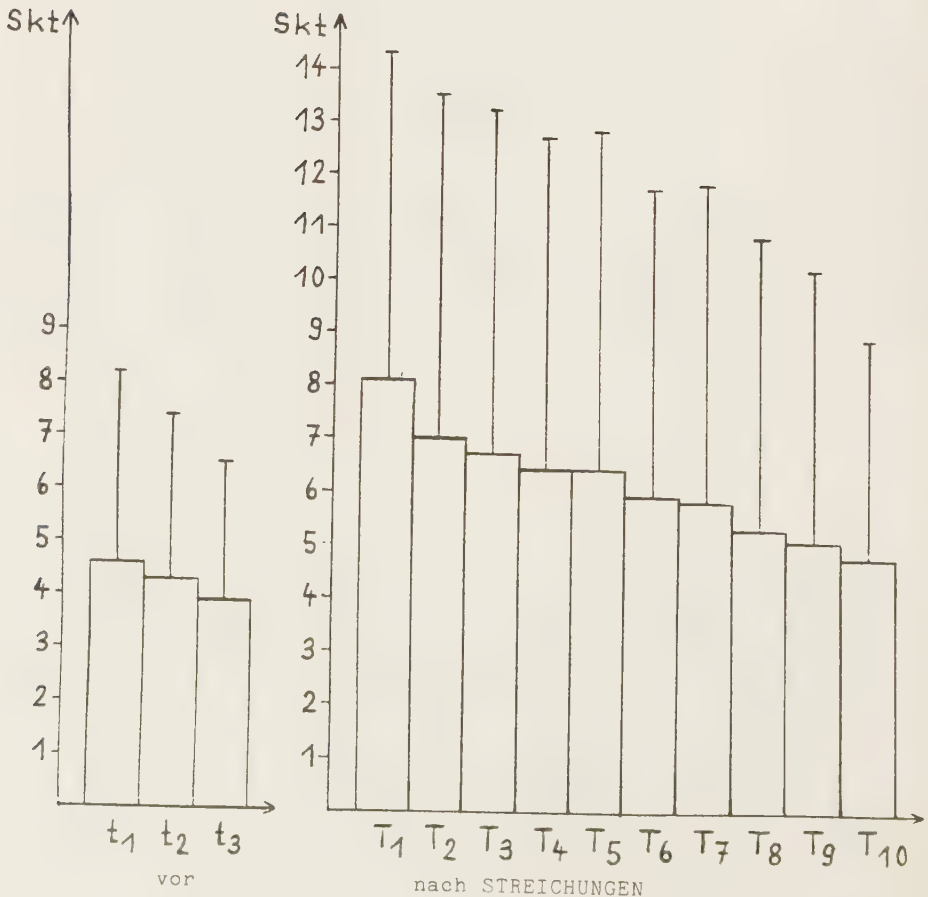


Abb.5.2: Zeitliche Darstellung der MT-Änderungen vor und nach Knetungen wie in Abb. 5.1.

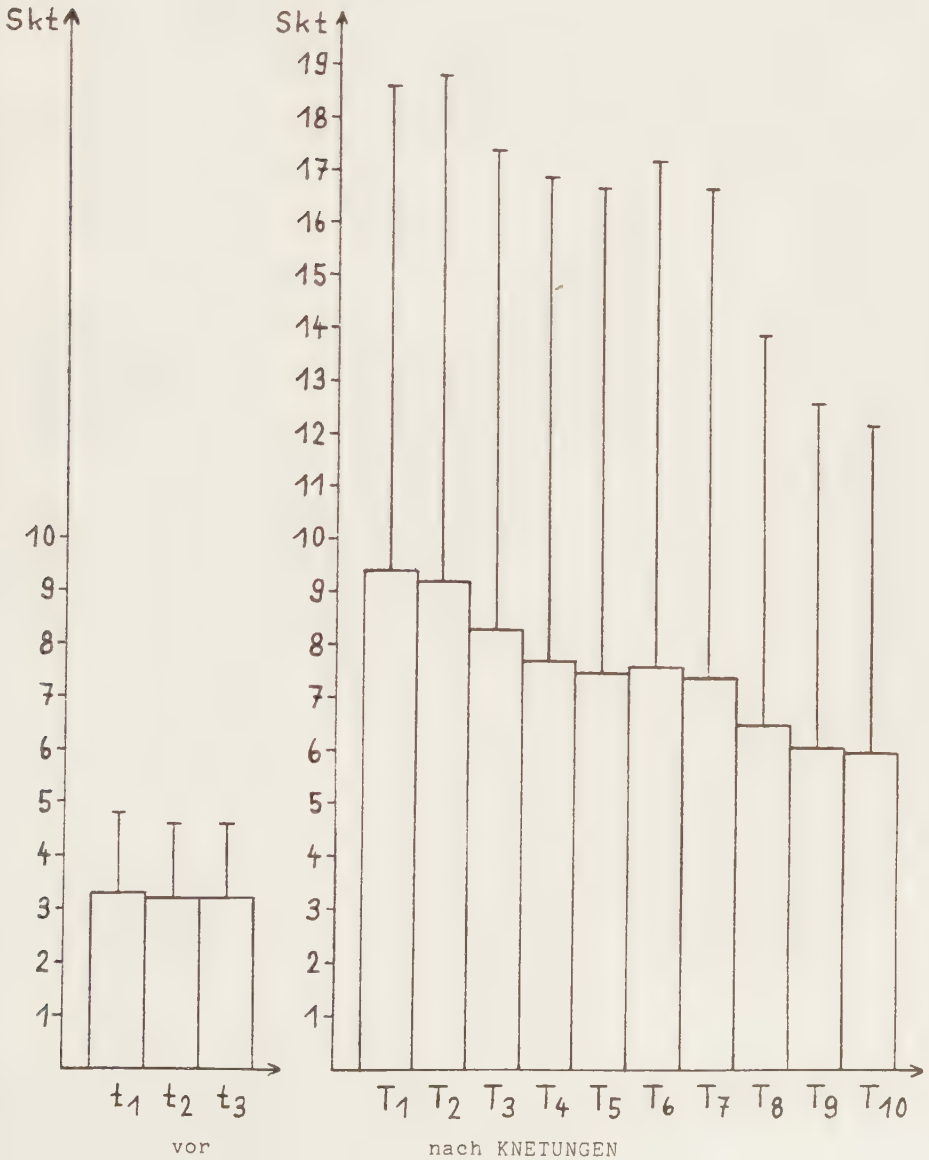


Abb.5.3: Zeitliche Darstellung der Muskeltonysänderungen
vor und nach Zirkelungen wie in Abb.5.2.

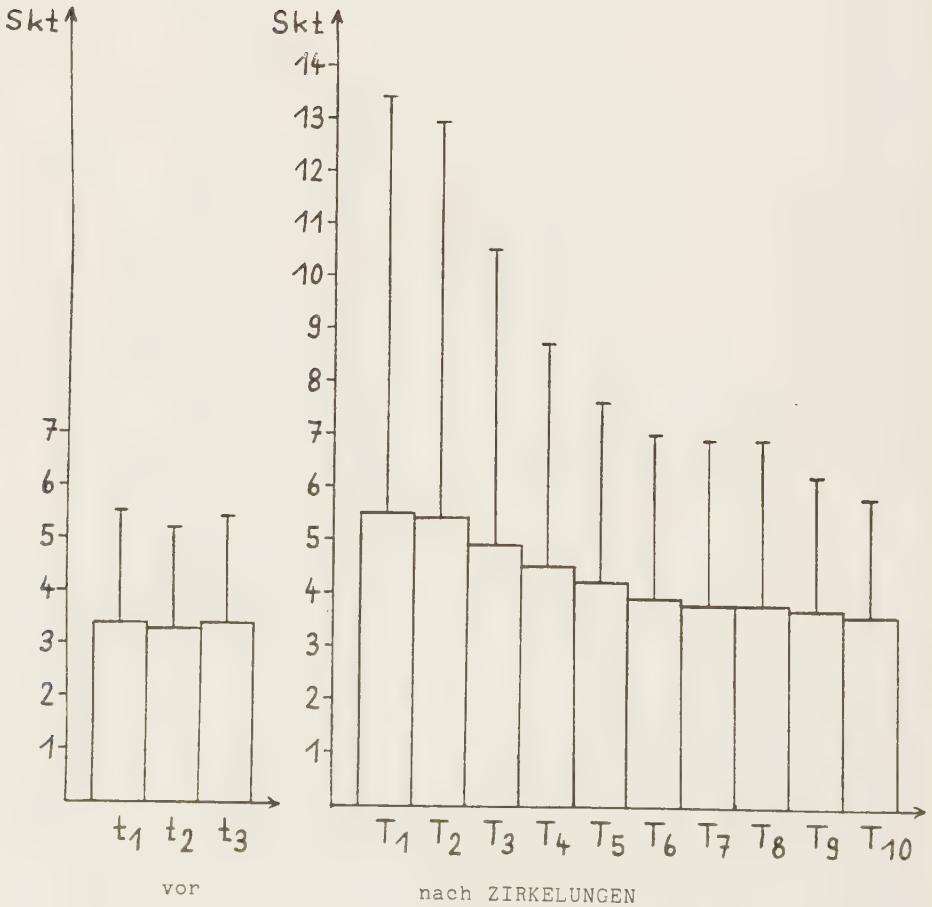


Tabelle 6: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (S) der mittleren Muskelaktivitäten über einen bestimmten Zeitabschnitt (60sec) aus der Muskeltonusmessung während der Druckapplikation mit dem jeweiligen Maximalgewicht (MTD) und aus der entsprechenden zuvor erfolgten Ruhetonusmessung (RTD) für alle 11 Versuche, jeweils in den sechs EMG-Ableitungen. Darstellung der Ergebnisse aus dem Wilcoxon-Test

Meßabschnitte mit jeweiligen $\bar{x}$ und S sowie Wilcoxon-Test		EMG-Ableitungen					
		1	2	3	4	5	6
RTD	$\bar{x}$	1.8	3.6	2.7	2.5	1.5	2.2
	S	0.8	4.0	0.7	1.9	0.3	1.2
MTD	$\bar{x}$	3.8	6.0	7.5	4.0	3.4	3.2
	S	1.9	4.4	3.1	2.1	2.9	2.2
Signifikanz		*	*	*	*	*	*

7. LITERATURVERZEICHNIS

- 1 BASMAJIAN, J.V.: Muscles Alive, Baltimore, 4th ed., (1978)
- 2 BÖRNER, G.: Elektromyographische und algimetrische Untersuchungen der Ruheaktivität an gesunden und pathologisch affizierten Muskeln unter Ausschaltung des EKG-Störpotentials, Balneologisches Institut der Universität München, Inauguraldissertation, (1971)
- 3 BRÜGGER, A., & LEHNER, F.: Versuche einer objektiven Erfassung der Wirkungen physikalischer Behandlungen auf den krankhaft beeinflussten Erector trunci, Arch. phys. Ther. Leipzig 8, 308, (1956)
- 4 BUCHTHAL, F.: Einführung in die Elektromyographie, Urban und Schwarzenberg, München-Berlin, (1958)
- 5 CSAPO, G.: Konventionelle und intrakardiale EKG, CIBA-Geigy GmbH, Wehr/Baden, 4. Auflage, (1980)
- 6 DAVIS, J.F.: A manual of surface electromyography, Montreal, Allan Memorial Institute of Psychiatry, McGill University, (1952)
- 7 Dirnagl, K.: Methodische Hinweise zur Gewinnung quantitativ auswertbarer Elektromyogramme mit Hautelektroden, Arch. phys. Ther. Heft 6, 15. Jahrgang, (1963)
- 8 EIFF, A.W. von, et al.: Energieumsatz und Muskeltonus bei Psychosen, Dtsch. Arch. Klin. Med. 119, 581-599, (1952)
- 9 EIFF, A.W. von, MAYER-EPPLER, W.: Elektromyointegrator, ein Gerät zur quantitativen Auswertung von Muskelaktionsströmen, Klin.Wschr. 34, 484-486, (1956)
- 10 EIFF, A.W. von: Grundumsatz und Psyche, Springer Verlag, Berlin - Göttingen - Heidelberg, (1957)
- 11 EIFF, A.W. von: Klinische Aspekte des Muskeltonus, Georg Thieme-Verlag, Stuttgart, (1960)
- 12 EIFF, A.W. von, JESDINSKY, H.J., JÖRGENS, H.: Die Oberflächenelektromyographie in der Inneren Medizin, MMW 17, 789, (1962)

- 13 ERTSEY, G.: Methodische Untersuchungen zur Anwendung des Elektromyointegrators als diagnostisches Hilfsmittel bei der physikalischen Therapie von Muskelerkrankungen, Balneologischs Institut der Universität München, Inauguraldissertation, (1964)
- 14 ERBE, H.P., GEISELBRECHTINGER, H., PIROT, H., RUSCH, D.: Eliminierung von Störgrößen im EMG durch ein spezielles Filter, Bio-Technische Umschau 2, 172, (1978)
- 15 GALL, H.: Persönliche Aufzeichnungen für die Autorin zum Verfahren der EKG-Ausblendung
- 16 GÖPFERT, H.: Die Aktivität der Muskulatur im sog. Ruhezustand, Verh. Dtsch. Ges. Inn. Med., 56, 237-238, (1950)
- 17 HAMANN, A.: Massage in Bild und Wort, Gustav Fischer Verlag, New York, 3. Auflage, (1980)
- 18 HOEFER, P.F.A., PUTNAM, T.J.: Action Potentials of Muscles in "Spastic" Conditions, Arch. Neurol. & Psych. 43, 1-22, (1940)
- 19 JÖRGENS, H.: Die Bedeutung des Myointegrals in der Elektromyographie, Arch. phys. Ther. 15, 405, (1963)
- 20 KEIDEL, W.D.: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 4. Auflage, (1975)
- 21 LIEBERMEISTER, R., GALL, H.: Muskeltonusmessungen mit Hilfe von integrierter Oberflächenelektromyographie, Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 11, 531-536, (1982)
- 22 LÜDKE, H.J.: Technik der Massage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 13. Auflage, (1973)
- 23 MATHESON, D.W.: Relaxation Measured by EMG as a Function of Vibrotactile Stimulation, Vol. 1, No. 3, Plenum Publishing Corporation, New York, 285-292, (1976)
- 24 POECK, K.: Neurologie, Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 5. Auflage, (1978)

- 25 SILBERNAGEL, St.: Taschenatlas der Physiologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, (1979)
- 26 SCHMIDT, R.F.: Grundriß der Neurophysiologie, Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 4. Auflage, (1977)
- 27 SCHMIDT, R.F., THEWS, G.: Physiologie des Menschen, Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 19. Auflage, (1977)
- 28 VRIES, H.A. de: Quantitative Electromyographic Investigation of the Spasm Theory of Muscle Pain, American Journal of Physical Medicine, Vol. 45, 119-134, (1966)
- 29 ZINK, C. (Bearb.): Pschyrembel Klinisches Wörterbuch, Walter de Gruyter, Berlin - New York. 255. Auflage, (1986)

Herrn Prof. Dr. med. H. Drexel möchte ich für die Überlassung des Arbeitsplatzes und des Themas meinen Dank aussprechen.

Herrn Prof. Dr. med. E. Senn danke ich für sein Interesse und die Übernahme der Arbeit.

Für die zahlreichen wertvollen Hinweise, für die Betreuung und Durchsicht der Arbeit danke ich herzlich Herrn Dr. med.

R. Liebermeister.

Herrn Dipl.-Phys. H. Gall schulde ich besonderen Dank für seine Hilfestellungen bei der technischen Durchführung der Versuche.

Frau B. Hoffner, Frau Dr. A. Schuh, Herr Dipl.-Phys. K. Dirnagl und Herr Priv.-Doz. Dr. Dipl.-Phys. J. Kleinschmidt haben mich sehr freundlich unterstützt und mir wertvolle Ratschläge gegeben. Herzlichen Dank.

Ein spezielles Dankeschön gilt Frau Dr. Messerer, die mir bei der Bewältigung der statistischen Probleme wesentlich geholfen hat.

Schließlich bedanke ich mich herzlichst bei meiner lieben Freundin Astrid Schmiedel. Sie hat diese Arbeit getippt.

LEBENS LAUF

Name: Edith Walburga Blümel

Geburtsdatum: 17. Januar 1955

Geburtsort: Geisenfeld

Abitur: Mai 1974: Musisches Gymnasium, Ingolstadt

Berufsausübung/
Berufsausbildung: 1974-1975: Tätigkeit als Schwestern-
helferin in der Privatklinik Dr. Riefler,
Prinz-Ludwig-Straße 7, München
1975-1976: Staatliche Massageschule in
der Orthopädischen Klinik, Harlachinger
Straße 51, München
1976-1978: Praktikum als Masseurin und
Medizinische Bademeisterin im Städt.
Krankenhaus Ingolstadt
1978: Tätigkeit als Masseurin bei Herrn
Dr. Wahl, Orthopädie, München

Studium: November 1978 bis Oktober 1985 an der
Ludwig-Maximilians-Universität, München

Abschluß/Approbation: Oktober 1985: Dritter Abschnitt der
ärztlichen Prüfung
21. November 1985: Approbation durch das
Bayerische Staatsministerium des Inneren.

